



Miguel Bruno Ascensão Carneiro

Licenciatura em Engenharia Mecânica

**Implementação, documentação e
avaliação da aplicação de *Lean
Maintenance* no Sistema de Armas
Epsilon**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientador: Professor Doutor António José Freire
Mourão, Professor Associado, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Co-orientador: Tenente-Coronel Engenheiro Aeronáutico
Pedro Alexandre Entradas Salvada, Força Aérea
Portuguesa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Paulo Vale Urgueira
Arguente: Prof. Doutora Virgínia Helena Arimateia Campos Machado
Vogais: Prof. Doutor António José Freire Mourão
Tenente-Coronel Engenheiro Aeronáutico Pedro Alexandre
Entradas Salvada



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2013

Implementação, documentação e avaliação da aplicação de *Lean Maintenance* no Sistema de Armas Epsilon

Copyright © Miguel Bruno Ascensão Carneiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Aos meus Pais, pilares da minha existência, que me proporcionaram a melhor das educações, mesmo perante os desafios da vida, fazendo de mim aquilo que eu hoje sou.

Ao Tenente-Coronel Engenheiro Aeronáutico Pedro Salvada, o meu orientador pela Força Aérea, pelos conhecimentos transmitidos, pela possibilidade de aprendizagem, bem como pela partilha de informações, orientações e sugestões de melhoria, mesmo nos momentos em se encontrava em missão fora do país.

Ao meu orientador Engenheiro António Mourão, pelas suas preciosas orientações, pela sua colaboração e motivação, bem como pela sua permanente disponibilidade em todas as fases de elaboração e concretização deste trabalho.

Ao Comandante da Base Aérea N.º 1, Coronel António Branco, ao Comandante do Grupo Operacional, Tenente-Coronel João Conde e ao Comandante da Esquadra 101, Major João Silva, pelo apoio manifestado desde o primeiro instante.

Ao Capitão Ulisses Freitas, Oficial de Manutenção da Esquadra 101, pelo seu acreditar neste projecto desde o primeiro momento e por toda a sua colaboração, partilha de ideias e pelas sugestões quanto à abordagem deste trabalho.

À equipa da MNT 101 e da Área Logística que participou no evento de melhoria rápida, Tenente Hugo Campos, Alferes Bruno Silvestre, Alferes Nelson Mendes, Sargento-Ajudante José Guerra, Primeiro-Sargento Gonçalo Penedo, Segundo-Sargento Bruno Marques, Segundo-Sargento César Vicente, Segundo-Sargento Henrique Saramago, Primeiro-Cabo Pedro Correia e Primeiro-Cabo Sérgio Gomes e a todos os Oficiais, Sargentos e Praças da Manutenção da Esquadra 101 que colaboraram no processo de implementação das “*lean technics*” e que tornaram este projecto em realidade.

À equipa de facilitadores *lean*, Tenente-Coronel Pedro Santos, Tenente Jorge Pestana e Sargento-Chefe Victor Abreu.

Ao Capitão Luís Martins, Gestor de Frota Epsilon, por todos os *inputs* transmitidos quanto à forma de concretização deste trabalho.

Ao Centro de Informação Meteorológica da Força Aérea e ao Centro de Meteorologia da Base Aérea n.º 1.

A Clara, ao Fernando e ao Modesto.

“À Manutenção da Esquadra 101”

*“A maneira como produzimos determina não somente como trabalhamos,
mas ainda como pensamos...”*

James Womack

Resumo

A Força Aérea Portuguesa iniciou, em 2007, o processo de implementação da metodologia *lean* no âmbito do programa de modernização de aeronaves F-16 MLU (*Mid Life Upgrade*). Os consecutivos sucessos alcançados têm motivado a aplicação desta metodologia em outras frotas, nomeadamente nas acções de manutenção de 2º e 3º escalão da aeronave Epsilon TB-30.

A presente dissertação refere-se à implementação, documentação e avaliação da aplicação da filosofia de manutenção *lean* aos programas de manutenção de 250 e 500 horas de voo da aeronave Epsilon, a qual seguiu o método de Eventos de Melhoria de Rápida de sete semanas baseado na metodologia A3-PDCA.

Aborda a temática *lean thinking* e *lean aircraft maintenance* e a sua evolução histórica ao longo dos anos, desde a sua origem na indústria automóvel até à sua implementação no sector aeronáutico. Do ponto de vista do paradigma da melhoria contínua, da optimização de recursos, da criação de valor e da eliminação de desperdícios são identificados, conceitos, princípios, métodos, ferramentas e benefícios decorrentes da sua aplicação.

A avaliação da eficiência da aplicação da filosofia *lean* é concretizada pela comparação de indicadores concretos de carácter operacional, metodológico e motivacional, sendo apresentadas e documentadas em detalhe todas as actividades inerentes à sua implementação, criando valor para futuras intervenções.

No âmbito desta dissertação foram também avaliados os resultados, decorridos que estão dois anos, da intervenção *lean* realizada ao IRAN (*Inspect, Repair As Necessary*) e às Pequenas Inspeções (50 e 100 horas de voo à célula e motor), em 2010.

Esta dissertação conclui, referenciando algumas recomendações e sugestões para trabalho futuro.

Palavras-Chave

Lean thinking, Lean aircraft maintenance, Epsilon, Valor, Desperdício, Melhoria Contínua.

Abstract

In 2007, The Portuguese Air Force started the lean thinking methodology process of implementation in Mid-life Upgrade program of its F-16. The consecutive achievements have motivated the application of this methodology in other fleets, mainly in Epsilon TB-30 of 2nd and 3rd maintenance level.

This dissertation refers the implementation, documentation and evaluation of lean maintenance application philosophy to the maintenance programmes of 250 and 500 hours of Epsilon fleet, which followed the A3-PDCA methodology, already in place in the organization.

It discusses the subject of lean thinking and lean aircraft maintenance and their historical evolution over the years, from its origin in the automotive industry to its implementation in the aeronautical sector. In accordance with the perspective of the paradigm of continuous improvement, resources optimisation, added value and waste elimination, concepts, principles, methods, tools and benefits arising out of its application are identified.

The evaluation of the efficiency of the lean philosophy implementation is achieved by comparing of concrete operational indicators, methodological and motivational, being all the activities involved in its implementation presented and documented in detail, adding value for future interventions.

Within this dissertation the results arising from the lean intervention addressed to IRAN (*Inspect, Repair As Necessary*) and to 50 and 100 flight hours inspections (airframe and powerplant) held in 2010, were also evaluated.

A number of recommendations and suggestions for future work are also referenced.

Key-words

Lean thinking, Lean aircraft maintenance, Epsilon, Value, Waste, Continuous improvement.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	vii
<i>Abstract</i>	ix
Índice	xi
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Lista de Acrónimos.....	xxi
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação para o tema	2
1.3. Objectivos	4
1.4. Pesquisa e Análise de Dados	5
1.5. Reserva de informação	5
1.6. Estrutura do trabalho	5
Capítulo 2 – SITUAÇÃO ACTUAL DA FROTA EPSILON	7
2.1. Introdução Histórica - Esquadra 101 / Manutenção 101	7
2.2. Situação Actual da Frota Epsilon	8
2.3. <i>Lean maintenance</i> na MNT101	12
2.3.1. IRANs	13
2.3.2. Pequenas Inspeções (Pi's + Vi's) e Inspeção VCM	16
2.4. Melhoria contínua na MNT101	18
2.5. A oportunidade de melhoria nas inspeções P1 (250HV) e P2 (500HV)	19
Capítulo 3 – DO LEAN THINKING AO LEAN MAINTENANCE	21
3.1. <i>Lean thinking</i> e sua evolução histórica	21
3.2. Conceito de Valor	25
3.3. Conceito de Desperdício	25
3.4. Evolução do sistema de produção Toyota até ao pensamento <i>lean</i>	28
3.5. Princípios <i>lean thinking</i>	31

3.6.	Ferramentas <i>lean</i>	32
3.6.1.	Eventos de Melhoria Rápida (EMR)	33
3.6.2.	Mapeamento da Cadeia de Valor	33
3.6.3.	A3 – PDCA (Plan, Do, Check, Act/Adjust)	34
3.6.4.	6S (5S + 1S)	35
3.6.5.	Takt time	36
3.6.6.	Elementos de gestão visual	36
3.6.7.	Produção celular e pessoas polivalentes	36
3.6.8.	Uniformização das instruções de trabalho (Standardized work instructions)	37
3.6.9.	Gestão Total da Qualidade – TQM (Total Quality Management)	37
3.6.10.	Kanban	37
3.6.11.	Diagrama causa-efeito	38
3.7.	Benefícios do <i>lean</i>	39
3.8.	<i>Lean aircraft manufacturing</i>	39
3.9.	<i>Lean aircraft maintenance</i>	43
3.9.1.	Lufthansa Technik	44
3.9.2.	Manutenção de helicópteros Apache	47
3.9.3.	“Black Hawk” Phase Maintenance	48
3.9.4.	F/A-18 Hornet - Center Barrel Replacement Program – Military	50
Capítulo 4	– <i>LEAN MANAGEMENT NA FORÇA AÉREA</i>	53
4.1.	O Programa F-16 (<i>Mid-Life-Upgrade</i>)	53
4.2.	<i>Lean</i> na modificação de aeronaves F-16 (Doca 4)	55
4.3.	<i>Lean</i> nas Inspeções de Fase (300HV) da aeronave F-16	57
4.4.	<i>Lean</i> na manutenção de equipamentos de apoio	58
4.5.	<i>Lean</i> na cadeia logística da aeronave F-16	60
4.6.	<i>Lean</i> na manutenção de aeronaves C-130 e Alouette III	61
Capítulo 5	– <i>LEAN MAINTENANCE NAS INSPECÇÕES P1 E P2</i>	63
5.1.	Implementação de <i>lean maintenance</i> nas inspeções P1 e P2	63
Capítulo 6	– <i>ANÁLISE DE RESULTADOS</i>	109
6.1.	Análise que decorre da implementação do processo	109

6.1.1.	Análise quantitativa	110
6.1.2.	Análise qualitativa ao processo de implementação e à realização de inspecções com metodologia lean	114
6.1.3.	Análise qualitativa do grau de motivação/satisfação dos militares da MNT101	124
Capítulo 7	– CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E TRABALHO FUTURO	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		133
ANEXOS		139
Anexo A	– Situação operacional da frota Epsilon (em 31/12/12)	141
Anexo B	– Resumo inspecções (período pré- <i>lean</i>)	143
Anexo C	– Resumo Inspeções (período pós- <i>lean</i>)	145
Anexo D	– Resumo obras fechadas	147
Anexo E	– Situação Operacional	149
Anexo F	– Constituição e custo do <i>kit</i> de material (inspeção P1)	151
Anexo G	– A3-PDCA	153
Anexo H	– Elementos de gestão visual (<i>waterfall</i>)	155
Anexo I	– Formulário Auditoria 6S	159
Anexo J	– Dados da amostra Grandes Inspeções (2012)	161
Anexo K	– Resultado do inquérito de motivação/satisfação <i>lean</i>	163

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Regime de esforço da Esquadra 101 (2012).....	9
Figura 2.2 - Relação entre n.º de aeronaves Presentes / Disponíveis / Prontas.....	10
Figura 2.3 - Relação entre HV, n.º de saídas e n.º de aeronaves Prontas.....	11
Figura 2.4 – N.º de regenerações de potencial concluídas vs N.º de IRANs iniciados	13
Figura 2.5 – N.º de aeronaves MP vs Prontas vs IRANs.....	14
Figura 2.6 - Planeamento de Montagens e Desmontagens de Aeronaves de IRAN para 2012	15
Figura 2.7 - Gráfico de produção – desmontagem IRAN (2011)	15
Figura 2.8 - Gráfico de produção – montagem IRAN (2012)	16
Figura 2.9 - Relação entre número de dias/inspecção vs número avarias oriundas.....	17
Figura 3.2 – Três MU's identificados pelo TPS.....	26
Figura 3.1 - Criação de “Valor” através da eliminação de “Desperdício”.....	26
Figura 3.3 - Filosofia TPS (Casa TPS).....	28
Figura 3.4 - Integração da “casa TPS” no “edifício <i>lean thinking</i> ”.....	30
Figura 3.5 - Pirâmide filosofia TPS.....	32
Figura 3.7 – Diagrama Causa-Efeito.....	38
Figura 3.6 - Exemplo de aplicação do KANBAN.....	38
Figura 3.8 – Instalações da BAE (<i>Samlesbury, UK</i>)	41
Figura 3.9 - Sequência otimizada para uma Inspeção de Linha – Boeing 757	43
Figura 3.10 - Exemplos de melhorias nos processos (adaptado de Bjorn, 2008).....	45
Figura 3.11 – Exemplos de aplicação da ferramenta 6S (adaptado de Bjorn, 2008)	46
Figura 3.12 - Grau de implementação <i>lean</i> vs tempo decorrido (adaptado de Bjorn, 2008).....	46
Figura 3.13 – Etapas de implementação da filosofia lean na manutenção da LHT (adaptado de Bjorn, 2008).....	47
Figura 3.14 - Helicóptero Apache em manutenção (<i>Wattisham Airfield</i>).....	48
Figura 3.15 - Helicóptero UH-60 em manutenção (<i>Fort Rucker, Alabama</i>).....	50
Figura 3.16 - F/A-18 <i>Center Barrel Replacement</i> (<i>Jacksonville, EUA</i>).....	51
Figura 4.1 - Fases do processo de modernização da frota F-16 (cadeia de valor de alto nível)	54
Figura 4.2 - Células de trabalho (Doca 4)	56

Figura 4.3 - Resultados dos trabalhos de modificação F-16 na Doca 4	57
Figura 4.4 - Resultados obtidos nas Inspeções de Fase (300HV).....	58
Figura 4.5 - Evolução operacional da disponibilidade de GSEs	59
Figura 4.6 - Logística tradicional vs Logística <i>lean</i>	60
Figura 5.1 - Fluxograma do processo de implementação <i>lean</i> nas inspeções P1 e P2	64
Figura 5.2 – Equipa responsável pela coordenação da implementação da metodologia <i>lean</i> nas inspeções P1 e P2	67
Figura 5.3 - Avaliação de expectativas, problemas, ideias de melhoria e constrangimentos	71
Figura 5.4 – Razão para a acção e melhorias a alcançar ao nível da entrega, custos, qualidade e motivação	71
Figura 5.5 – Definição dos itens que fazem parte do âmbito, que estão na fronteira e de fora do EMR	72
Figura 5.6 – Agenda do EMR.....	77
Figura 5.7 – Razão da Acção (Quadro 1)	78
Figura 5.8 - Estado inicial das inspeções P1 e P2 (Quadro 2)	78
Figura 5.9 - Objectivos a alcançar com a intervenção <i>lean</i> (Quadro 3).....	79
Figura 5.10 – Análise dos factores que afectam o N.º de aeronaves prontas (Quadro 4)	79
Figura 5.11 – Abordagem às soluções que visam eliminar os factores que condicionam o N.º de aeronaves prontas (Quadro 5).....	80
Figura 5.12 – Selecção das soluções para implementação através de experiências rápidas (Quadro 6).....	80
Figura 5.13 – Definição do significado das cores dos <i>post-it's</i>	83
Figura 5.14 – Mapeamento da cadeia de valor da inspecção P2+VCM (situação actual)	83
Figura 5.15 – Etapa inicial do mapeamento da cadeia de valor com identificação do tempo e dos recursos para realização de cada tarefa.....	84
Figura 5.16 – Modelo para caracterização do tempo, recursos e problemas em cada tarefa ...	84
Figura 5.17 – Diagrama <i>spaghetti</i>	90
Figura 5.18 – Identificação e quantificação de <i>hand-off's</i> (trocas de comunicação)	90
Figura 5.19 – Cálculo do n.º de inspeções P2/ano, do <i>takt time</i> e dos recursos humanos (<i>post-its</i> cor-de-laranja)	91
Figura 5.20 – Sumário (tempos da inspecção P2+VCM por sector)	91
Figura 5.21 – Resumo dos principais factores que condicionam o n.º de aeronaves prontas ...	92

Figura 5.22 – Mapeamento da cadeia de valor (situação futura)	95
Figura 5.23 – Resultado do mapeamento da cadeia de valor	95
Figura 5.24 – Plano de implementação/acção	96
Figura 5.25 - Plano de Acção (Quadro 7)	96
Figura 5.26 – Mapeamento da cadeia de valor da inspecção P2+VCM (situação actual vs situação futura)	100
Figura 5.27 – Elemento de gestão visual da inspecção P2+VCM	107
Figura 5.28 – Constituição do <i>kit</i> rotável para instalação do cone do hélice	107
Figura 6.1 – Análise dos momentos de valor e de desperdícios	122
Figura 6.2 - Resultado das auditorias 6S	123
Figura 6.3 – Análise da satisfação decorrente da implementação da metodologia <i>lean</i> nas inspecções P1 e P2	124
Figura 6.4 – Confirmação do objectivo (Quadro 8)	126
Figura 6.5 – Introspecção (Quadro 9)	126

Lista de Tabelas

Tabela 2.1- Número de Acções de Manutenção.....	12
Tabela 2.2 - Variação entre tempos de imobilização (teóricos e reais) e entre avarias oriundas.	18
Tabela 5.1 – Razão para a Acção / Mandato Superior / Constituição da Equipa.....	66
Tabela 5.2 – Dados para a preparação do Evento de Melhoria Rápida.....	67
Tabela 5.3 – Preparação do Evento de Melhoria Rápida	69
Tabela 5.4 – Evento de Melhoria Rápida.....	73
Tabela 5.5 - Custo das inspecções P1 e P2 (MOD)	77
Tabela 5.6 - Custo das inspecções P1 e P2 (Material).....	77
Tabela 5.7 – Mapeamento da Cadeia de Valor (situação actual).....	82
Tabela 5.8 – Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria.....	87
Tabela 5.9 – Mapeamento da Cadeia de Valor - situação futura	93
Tabela 5.10 – <i>Debriefings</i> do EMR	98
Tabela 5.11 - <i>Debriefing</i> do evento (dDMSA)	102
Tabela 5.12 – Implementação do plano de acção	103
Tabela 6.1 – Resumo dos resultados das inspecções.....	112
Tabela 6.2 – Variação do número de dias e de avarias oriundas entre a situação <i>pré-lean</i> e <i>pós-lean</i>	113
Tabela 6.3 – Análise qualitativa do processo de implementação de técnicas <i>lean</i> nas inspecções P1 e P2	115
Tabela 6.4 - Análise qualitativa à realização de inspecções P1 e P2 com metodologia <i>lean</i> ..	117

Lista de Acrónimos

ADIAL	Administrador de Dados da Aérea Logística
AFA	Academia da Força Aérea
BA1	Base Aérea n.º 1 (Sintra)
BA5	Base Aérea n.º 5 (Monte Real)
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CUT	Código de Unidade de Trabalho
CLAFA	Comando Logístico da Força Aérea
CTM	Código Tipo Manutenção
dDMSA	Director da Direcção de Manutenção de Sistemas de Armas
DMSA	Direcção de Manutenção de Sistemas de Armas
E101	Esquadra 101
EA	Electroaviónicos
EM	Electromecânicos
END	Ensaaios Não Destrutivos
EMR	Evento de Melhoria Rápida
EQVS	Equipamentos de Voo e Sobrevivência
EUA	Estados Unidos da América
FAP	Força Aérea Portuguesa
GM	<i>General Motors</i>
GO	Grupo Operacional
HV	Horas de Voo
IPA	Inspecções Periódicas de Aeronaves
IRAN	<i>Inspect, Repair As Necessary</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
LAI	<i>Lean Advancement Initiative</i>
LEA	<i>Lean Enterprise Academy</i>
MI	Manutenção Inopinada
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>

MLU	<i>Mid-Life-Upgrade</i>
MNT101	Manutenção da Esquadra 101
MOD	Mão-de-Obra Directa
MP	Manutenção Programada
MT0	Sector de Ensaaios Não Destrutivos
MT3	Sector de Electromecânicos
MT4	Sector de Electroaviónicos
MT8	Sector de Equipamentos de Voo e Sobrevivência
MTT	Sector de Estruturas
N/C	Número de Cauda
NNA	Número Nacional de Abastecimento
OCU	<i>Operational Capability Upgrade</i>
P1	Acção de manutenção programada de 250HV à Célula
P2	Acção de manutenção programada de 500HV à Célula
Pis	Pequenas Inspecções à Célula (50HV e 100HV)
Pi1	Acção de manutenção programada de 50HV à Célula
Pi2	Acção de manutenção programada de 100HV à Célula
PC	Aeronave Pronta Completa
QMA	Qualidade na Manutenção de Aeronaves (Inspector de Certificação)
RE	Regime de Esforço
RU	Reino Unido
SIAGFA	Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea
TAT	<i>Turn-Around-Time</i>
TLP	Tempo Limite de Potencial
TMC	<i>Toyota Motors Company</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
USAF	<i>United States Air Force</i>
VCM	Acção de manutenção programada de 400HV ao Motor
Vis	Pequenas Inspecções ao Motor (50HV e 100HV)

Vi1	Acção de manutenção programada de 50HV ao Motor
Vi2	Acção de manutenção programada de 100HV ao Motor
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work-in-progress</i>

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

“Nada é permanente, salvo a mudança...”

(Heráclito)

No presente capítulo pretende fazer-se uma introdução ao trabalho desenvolvido no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, identificando o seu enquadramento, os objectivos e as metas a atingir, as metodologias aplicadas, como também justificar a motivação para escolha do tema.

Para uma melhor compreensão e visão global do trabalho desenvolvido, no final deste capítulo, será apresentada a estrutura do trabalho.

1.1. Enquadramento

A actual conjuntura económica, de recessão, tem provocado dificuldades em diversos países, nos quais Portugal se inclui. Estamos perante um cenário de crise económica que vai exigir um esforço sem precedentes para ser ultrapassado e que impõe, imperiosamente, a mudança de paradigmas no que às abordagens da engenharia, diz respeito. Um dos paradigmas a seguir é o da melhoria contínua, em particular através da eliminação de desperdícios existentes nos processos.

A metodologia *lean* apela à melhoria contínua, pela adição de valor através da eliminação de desperdícios, à qual está associada a metodologia de PDCA – *Plan, Do, Check, Act*, que por sua vez visa propor soluções que permitam alcançar os objectivos da primeira.

Uma crise não se reveste apenas de adversidades, muito pelo contrário, é precisamente em situações menos favoráveis que surgem as grandes oportunidades. Um exemplo ilustrativo é o caso da *Toyota*, em que o seu sucesso de hoje (2012), como maior construtor de automóveis a nível mundial¹, começou a ser desenhado logo após a Segunda Guerra Mundial, num período marcado pela baixa produtividade e escassez de recursos, no qual “*as ideias convencionais para o desenvolvimento industrial do país pareciam não mais funcionar*” (Womack, J., et al., 1990, p. 7).

Cada vez mais, num mundo globalizado, as empresas/organizações são obrigadas a desenvolver mais produtos, com maiores possibilidades de adequação ao utilizador e com padrões de qualidade cada vez mais elevados, para satisfazerem as necessidades dos seus clientes em prazos cada vez mais reduzidos.

Estes e outros desafios com que as empresas/organizações se deparam, levam-nas a procurar novas metodologias e técnicas de engenharia, em particular, com o objectivo irem ao encontro da satisfação dos seus clientes, enquanto, simultaneamente, pretendem maximizar os seus proveitos, através do aumento da produtividade e da eficiência de processos/serviços, tornando-se, deste modo, mais competitivas na sua esfera de negócios.

Neste âmbito, e no caso da Força Aérea Portuguesa (FAP), a melhoria de resultados terá de ser conseguida através da redução/eliminação dos desperdícios que poderão existir nas actividades e processos inerentes ao cumprimento da missão para que seja possível fazer mais e melhor com os recursos disponíveis, cumprindo e fazendo cumprir – SEMPRE - a missão atribuída - *Ex Mero Motu*.

1.2. Motivação para o tema

A motivação para a escolha de um trabalho relacionado com a filosofia *lean* é justificada pelo interesse suscitado no autor, já em 2009, no âmbito do módulo de Gestão da Produção da Pós-graduação em Tecnologia Aeronáutica do Instituto Politécnico de Setúbal (IPS), em que foi proposto a realização de um trabalho que enquadrasse simultaneamente os temas Processo Produtivo, Gestão de Processos e Aeronáutica.

¹in <http://economia.terra.com.br/carros-motos/toyota-recupera-o-posto-de-maior-montadora-diz-consultoria,3b01d0541c8fc310VgnVCM20000099cceb0aRCRD.html>, acedido em 15/1/2013.

Optou então o autor pelo tema “*Lean Manufacturing na Modernização de Aeronaves F-16 OCU/MLU e Lean Maintenance nas Inspeções de Fase da Aeronave F-16*”, não apenas através de uma abordagem teórica, mas complementando-a com a apresentação de uma situação real de aplicação desta filosofia com sucessos, bem patentes. Os resultados que têm vindo a ser alcançados e que reflectem, em toda a sua plenitude, os benefícios possíveis de serem atingidos, não apenas ao nível dos tempos de processo, da economia de recursos financeiros, materiais e humanos, da gestão de stocks, mas acima de tudo na mudança de cultura organizacional ocorrida desde a sua implementação (este tema será abordado em detalhe no Capítulo 4).

Apesar de todos os conhecimentos adquiridos e da familiarização com o *lean thinking*, não foi possível, no decorrer desse trabalho, vivenciar e aprender com o maior dos desafios, o da sua implementação.

A oportunidade de vivenciar e aprender com o maior dos desafios, o da sua implementação, surgiu pela primeira vez, em 2010, no âmbito do tirocínio do Estágio Técnico-Militar da Academia da Força Aérea. Esta oportunidade permitiu dar início à primeira etapa do processo de implementação de técnicas *lean* na manutenção do Sistema de Armas² (SA) Epsilon, intervencionado pela Manutenção da Esquadra 101 (MNT101), sediada na Base Aérea n.º 1 (BA1), em Sintra.

Nessa primeira etapa, foram objecto de análise, de estudo e de optimização as acções de manutenção para regeneração de potencial de 3º Escalão (IRAN – *Inspect, Repair As Necessary*) e nas denominadas Pequenas Inspeções de célula e motor - 50 e 100 Horas de Voo (HV), tendo sido legada para oportunidade futura a intervenção nas Grandes Inspeções à célula - 250HV e 500HV.

É na Excelência da Força Humana que compõe a Manutenção da Esquadra 101, nos resultados alcançados, nas optimizações já introduzidas na gestão do fluxo da cadeia logística, na aplicação desta filosofia a outras frotas intervencionadas pela MNT101, através de acções de comparação e selecção de boas práticas (*Benchmarking*), e na oportunidade de poder dar continuidade a um projecto iniciado em 2010, que reside o foco da motivação para dar “asas” a este trabalho.

Todos estes factores confluem, indubitavelmente, e de forma encorajadora e motivadora para se concretizar mais uma etapa no caminho da Excelência aeronáutica, que conduzirá, em toda a sua plenitude, à aplicação dos princípios do *lean thinking* à totalidade dos programas de manutenção da Aeronave Epsilon TB-30.

² Conjunto lógico de elementos que contribuem para a sua utilização e é constituído pela aeronave, pessoal, equipamento, entre outros, julgados necessários (*in* MFA 500-1 - Conceito de Operações).

1.3. Objectivos

O objectivo global proposto para este trabalho consiste na implementação, documentação e avaliação de resultados decorrentes da aplicação da filosofia *lean maintenance* às acções de manutenção programada P1 (250HV) e P2 (500HV) à célula da aeronave Epsilon TB-30.

Com a realização deste trabalho são propostos alcançar objectivos de carácter operacional, metodológico e motivacional, os quais se passam a especificar:

- Objectivos operacionais:
 - Identificação da melhor sequência de trabalho para as acções de manutenção programada P1 e P2 com vista à redução dos tempos de inspecção e da variabilidade existente no processo, de modo a otimizar o potencial de mão-de-obra directa disponível e a introduzir maior previsibilidade e estabilidade no processo, ao longo do tempo;
 - Redefinição, de acordo com a sequência otimizada, das tarefas inerentes a cada inspecção no IPA (Inspeções Periódicas de Aeronaves);
 - Definição de um *takt time*³ para cada tipo de inspecção;
 - Definição e implementação de instrumentos de gestão visual nas docas de trabalho para as inspeções P1 e P2;
 - Realização de auditorias às docas de trabalho, de acordo com a ferramenta 6S, e se necessário proceder à introdução de melhorias;
 - Análise de resultados da aplicação da filosofia *lean* nas Pequenas Inspeções (2009-2012).
- Objectivos metodológicos:
 - Consolidação da metodologia de implementação de *lean management*, em vigor na Força Aérea, na tentativa de refinar detalhes com vista ao incremento da sua eficiência em aplicações futuras;
- Objectivos motivacionais:
 - Desenvolvimento e aplicação de um questionário de avaliação da motivação/satisfação dos elementos da MNT101 quanto à implementação da metodologia *lean* nas acções de manutenção programada P1 e P2.

³ Termo de origem alemã que significa “*ritmo*” ou “*passo*” e que resulta da divisão do tempo de produção disponível pelas necessidades do cliente.

1.4. Pesquisa e Análise de Dados

A pesquisa de dados para a realização deste trabalho tem por base o sistema de informação utilizado pela Força Aérea Portuguesa – Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea (SIAGFA) - Módulos de Manutenção e Operacional.

Para a elaboração deste trabalho foram analisadas 174 inspecções à aeronave Epsilon TB-30, correspondente ao número de acções de manutenção programada ocorridas no período compreendido entre 01 de Outubro de 2009, data em que a E101/MNT101 começaram a operar na BA1, e 15 de Março de 2013, sub-dividido nos seguintes períodos:

- 01 de Outubro de 2009 até 31 de Dezembro de 2010 – *Pré-lean* (IRAN e Pequenas Inspecções);
- 01 de Janeiro de 2011 até 31 de Dezembro de 2012 – *Pós-lean* (IRAN e Pequenas Inspecções);
- 01 de Outubro de 2009 até 31 de Dezembro de 2012 – *Pré-lean* (Grandes Inspecções);
- 01 de Janeiro de 2013 até 15 de Março de 2013 – *Pós-lean* (Grandes Inspecções).

Este último período de análise, diz respeito às inspecções P1 e P2 realizadas de acordo com os princípios da filosofia *lean*, o objecto de estudo da presente dissertação.

1.5. Reserva de informação

Este trabalho aborda a actividade de manutenção aeronáutica desenvolvida no âmbito da instituição militar, facto este que motivou a omissão de algumas informações [ex. as informações relativas aos itens que compõe o *kit* de material rotável (NNA e P/N) foram substituídas pela simbologia (?)].

1.6. Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se organizado em sete capítulos.

A introdução ao trabalho é apresentada no Capítulo 1, onde são identificados o enquadramento, os objectivos a atingir, as metodologias aplicadas, como também justificada a motivação para escolha do tema.

No Capítulo 2 será feita uma análise à situação actual da frota Epsilon, decorridos que estão dois anos desde a implementação da filosofia *lean* nas acções de manutenção de segundo e de terceiro escalão, denominadas por Pequenas Inspeções e por IRAN, respectivamente, bem como proceder ao enquadramento da razão para a acção que motivou a aplicação de *lean maintenance* nas Grandes Inspeções.

A abordagem teórica à filosofia *lean* e sua evolução histórica ao longo dos anos, bem como a identificação de conceitos, princípios, métodos, ferramentas e benefícios decorrentes da sua aplicação, desde a sua origem na indústria automóvel até à sua expansão ao sector aeronáutico, será realizada no Capítulo 3.

A implementação da metodologia *lean management* na FAP será o foco do Capítulo 4, no qual se referenciarão os consecutivos sucessos alcançados na frota F-16 (Base Aérea n.º 5) e que têm motivado a sua implementação em outros sistemas de armas, nomeadamente no C-130 (Base Aérea n.º 6) e, actualmente, em curso na manutenção da frota Epsilon (Base Aérea n.º 1) – tema deste trabalho.

No Capítulo 5 será descrito, analisado e documentado o processo de implementação de *lean maintenance* nas inspeções P1 e P2, da aeronave Epsilon TB-30.

A apresentação de resultados, a elaboração das análises quantitativas e qualitativas ao processo de implementação e de realização de acções de manutenção programadas de acordo com a filosofia *lean maintenance*, realizar-se-á no Capítulo 6.

Por fim, no Capítulo 7, serão apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido na implementação, documentação e avaliação da aplicação da filosofia de manutenção *lean* nas acções de manutenção programada P1 e P2, sendo ainda referenciadas algumas recomendações e sugestões para trabalho futuro.

Capítulo 2 – SITUAÇÃO ACTUAL DA FROTA EPSILON

“Nós somos aquilo que fazemos repetidamente. A Excelência, então, não é um modo de agir, mas um hábito.”

(Aristóteles)

No presente capítulo pretende fazer-se uma análise à situação actual da frota Epsilon, desde 01 de Outubro de 2009 até 31 Dezembro de 2012, decorridos que estão dois anos desde a implementação da filosofia *lean* no IRAN e nas Pequenas Inspeções [a Grande Inspeção de 400HV ao Motor (VCM) foi optimizada em 2011], bem como proceder ao enquadramento da razão para a acção que motiva o desenvolvimento, o estudo e o desencadear do processo de aplicação de *lean maintenance* nas Grandes Inspeções.

2.1. Introdução Histórica - Esquadra 101 / Manutenção 101

Historicamente⁴, as origens da Esquadra 101 (E101) remontam ao ano de 1914 após a aprovação e publicação em Diário de Governo da Lei que criou a "Escola Aeronáutica Militar", datada de 14 de Maio de 1914. Inaugurada a 1 de Agosto de 1916, esta escola foi instalada em Vila Nova da Rainha, sendo que o primeiro curso de pilotagem a ser ministrado em Portugal iniciou-se em 2 de Novembro desse mesmo ano.

⁴ in <https://sites.google.com/site/roncos101/home/historial>, acedido em 15/2/2013.

A actual designação da Esquadra 101 foi regulamentada em Abril de 1978, vindo a substituir a Esquadra 21, sediada na Base Aérea n.º2 na Ota e denominada Esquadra de Instrução Elementar de Pilotagem (E.I.E.P.) que então operava a aeronave DHC-1 "Chipmunk".

Depois de uma modernização do dispositivo da Força Aérea, a Esquadra 101 foi transferida para a BA1, em Sintra, e passou a operar 18 aviões Epsilon TB-30, de concepção Francesa, adquiridos pelo governo Português em Outubro de 1987.

As aeronaves Epsilon, produzidas pela empresa Francesa *Aerospatiale*, entraram ao serviço em 1989, sendo actualmente constituída por um total de 16 aeronaves (14 desde Novembro de 2012) atribuídas à Esquadra 101 – Roncos, sediada na BA1, destinadas à instrução nas fases Elementar e Básica de Pilotagem, sendo intervencionadas, ao nível da manutenção, pela MNT101.

A Esquadra 101, durante o seu percurso até aos nossos dias, esteve também sediada na Base Aérea n.º11 (BA11) - Beja, desde 15 de Junho de 1993 até 30 de Setembro de 2009, data em que se efectuou a transferência para a BA1, resultante do mais recente ajustamento no dispositivo de Forças atribuído à Força Aérea.

2.2. Situação Actual da Frota Epsilon

A MNT101, constituída por cerca de 70 Militares (em Dezembro de 2012), é responsável por intervencionar e regenerar o potencial necessário ao cumprimento das missões atribuídas a 27 aeronaves, operadas pelas Esquadras 101 e 802, e pelo Museu do Ar, estando distribuídas operacionalmente da seguinte forma:

- Epsilon TB-30 (16, incluindo 2 Inibidas) - Esquadra 101;
- Chipmunk Mk20 (6) - Esquadra 802;
- Planadores Ask-21 (1) e Super Blanik (3) - Esquadra 802;
- Dornier DO-27 (1) - Museu do Ar (MUSAR).

Durante o ano de 2012, foram realizadas um total de 179 Acções de Manutenção Programada (MP) - 90 Inspecções à Célula e 89 ao Motor, que permitiram alcançar a marca de 4386:50HV, no conjunto das cinco frotas.

No que diz respeito à frota Epsilon, o foco deste trabalho, foi integralmente cumprido o Regime de Esforço (RE) previsto de 2750:00HV, tendo sido realizadas 114 inspecções programadas e utilizadas 21.036:26 horas-Homem (h.H) de Mão-de-Obra Directa (MOD) na concretização da função manutenção, na sua globalidade.

A situação operacional das 16 aeronaves, em Dezembro de 2012 (ver Anexo A) era a seguinte:

- Nove aeronaves disponíveis, incluindo duas em Manutenção Programada (MP);
- Cinco aeronaves em processo de IRAN (duas em reparações estruturais⁵, uma em trabalhos de pintura⁶, uma a aguardar desmontagem e uma em fase de montagem);
- Duas aeronaves inibidas.

Das 16 aeronaves existentes, 2 foram inibidas durante o mês de Maio, fazendo com que a E101 passasse a dispor de 14 aeronaves Presentes. Dessas 14 aeronaves, cinco encontram-se em processo de IRAN, o que resulta numa média de nove aeronaves disponíveis para o cumprimento da missão, o que requer a aplicação de uma gestão rigorosa para evitar a sobreposição de inspecções programadas, como também para a adequação da capacidade de mão-de-obra disponível para fazer face às necessidades de manutenção inopinadas.

O cumprimento dos regimes de esforço requer a existência de uma relação permanente de “*eutonia*” entre a E101 e a MNT101, para que seja possível a ambas as partes cumprirem as respectivas missões, atribuídas superiormente. Deste modo, e a título de exemplo, pelo facto de em determinados dias existirem nove aeronaves Prontas, não significa que devam ser efectuadas nove saídas por período de voo⁷.

No que diz respeito à relação entre o regime de esforço previsto vs número de horas voadas ao longo de 2012, esta é apresentada pela Figura 2.1:

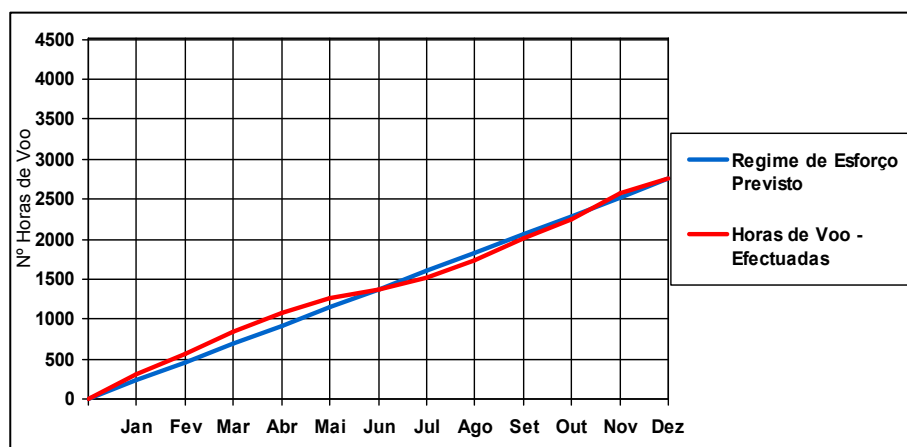


Figura 2.1 – Regime de esforço da Esquadra 101 (2012)
(Fonte: MNT 101)

⁵ Trabalhos realizados em regime de *outsourcing*.

⁶ Trabalhos realizados em regime de *outsourcing*.

⁷ As 24 horas de um dia podem ser divididas em diversos períodos de voo – manhã, almoço, tarde e nocturno.

Conforme indicado na Figura 2.1, é possível verificar que, no decorrer do primeiro semestre, a tendência do número de horas voadas estava acima do previsto, no entanto esta situação decorreu de um reajustamento no regime de esforço de 3268:00HV para 2750:00HV, decidido no segundo trimestre.

Na Figura 2.2 são apresentados de forma gráfica os quantitativos de aeronaves Presentes, Disponíveis e Prontas em 2012 e os valores médios mensais. O conceito de aeronave Presente consiste no número de aeronaves que estando presentes numa determinada Unidade Base, têm a Situação Operacional reportada pela mesma. Por aeronaves Disponíveis entende-se, todas aquelas que, potencialmente, a Unidade Base pode empregar.

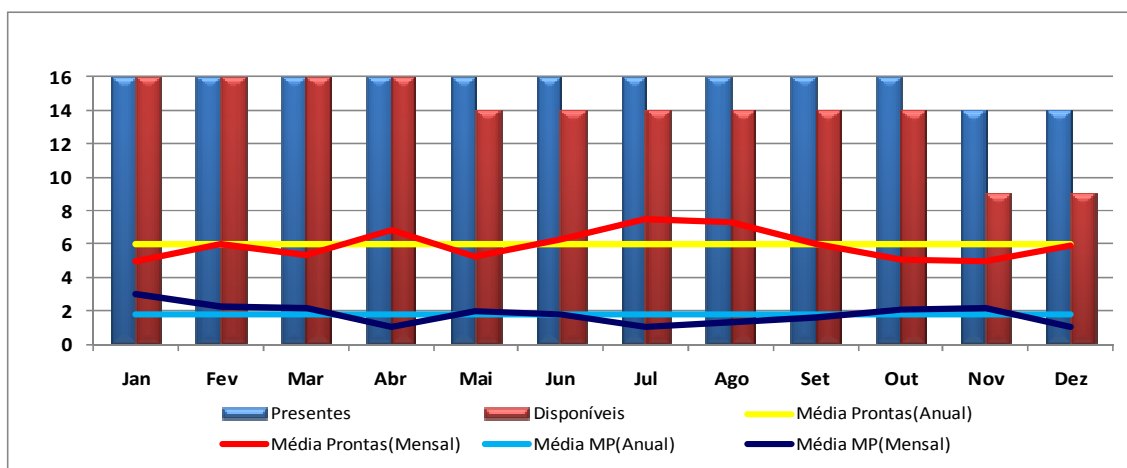


Figura 2.2 - Relação entre n.º de aeronaves Presentes / Disponíveis / Prontas
(Fonte: SIAGFA_MGM e MNT101)

Da análise da Figura 2.2 é possível constatar:

- Entre Maio e Outubro o número de aeronaves Disponíveis reduziu de 16 para 14, resultado da Inibição de duas aeronaves;
- Nos meses de Novembro e Dezembro o quantitativo de aeronaves Presentes passou de 16 para 14 devido à deslocalização de duas aeronaves para trabalhos de reparação estrutural e de pintura, realizados por entidades externas à Força Aérea;
- O número de aeronaves Disponíveis diminui de 14 para 9, em virtude da introdução de uma nova fórmula de cálculo na contabilização das unidades que se encontram em processo de IRAN;
- O maior número de aeronaves Prontas e o menor em Manutenção Programada, nos meses de Julho e Agosto, prende-se com uma redução do número de horas voadas (conforme Figura 2.1), devido ao reajustamento no regime de esforço atribuído à E101.

O gráfico que estabelece a relação entre as horas de voo, o número de saídas e o número de aeronaves prontas, é apresentado na Figura 2.3:

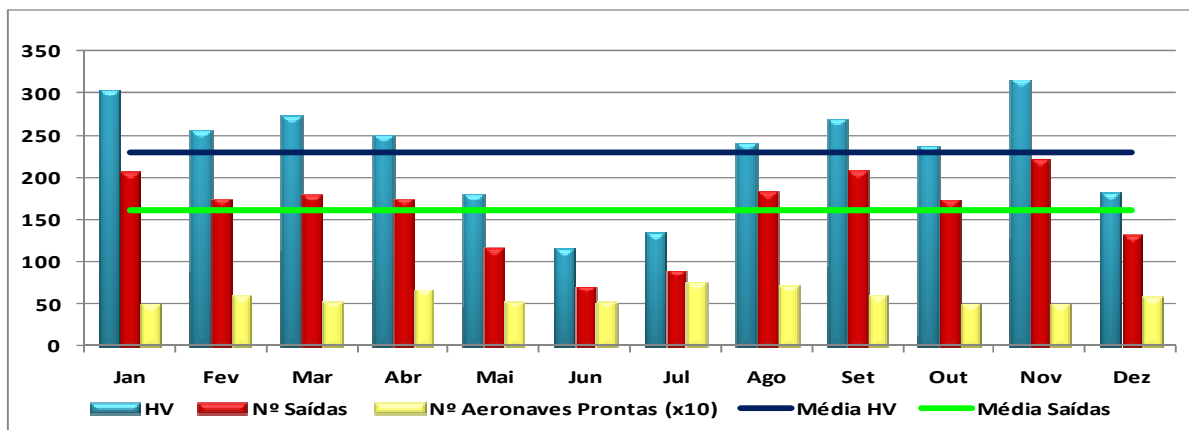


Figura 2.3 - Relação entre HV, n.º de saídas e n.º de aeronaves Prontas
(Fonte: SIAGFA_MGM e SIAGFA_Operacional)

Da análise dos dados constantes na Figura 2.3 é possível inferir:

- Existência de variação, ao longo do ano, do número de horas voadas e no número de saídas, as quais têm origem em imperativos operacionais associados às fases de instrução do curso de pilotagem (ex.: a conclusão de um curso de pilotagem representou um decréscimo de horas voadas e do número de saídas, entre Maio e Junho);
- Nos meses onde foram alcançadas as maiores taxas de esforço (Janeiro e Novembro) o número médio de aeronaves prontas foi o menor (cinco), encontrando-se as restantes em acções de manutenção programada ou a aguardar oportunidade de manutenção;
- Nos períodos em que o regime de esforço é menor, tendencialmente o número de aeronaves disponíveis aumenta, resultado de uma relação mais favorável entre o número de horas voadas e o potencial regenerado;
- O número significativo de aeronaves não Disponíveis (inibidas + em processo de IRAN) é originador de constrangimentos significativos ao nível da gestão de potenciais de célula, de motor e do material rotável;
- O reduzido número de aeronaves prontas, originado por um elevado quantitativo em processo de IRAN, conflui para que um aumento do número de horas voadas em cada mês se traduza numa maior rotatividade das aeronaves em acções de manutenção programada, tornando mais exigente a sua gestão para fazer face às exigências operacionais;
- O valor médio de horas voadas foi de 229:00HV/mês para uma média de saídas de 161/mês (8 saídas/dia).

Para cumprir a missão atribuída, a MNT101 executou, em 2012, um total de 114 acções de manutenção programada (célula e motor), conforme se apresenta na Tabela 2.1:

**Tabela 2.1- Número de Acções de Manutenção
Programada por Tipo de Inspeccção em 2012
(Fonte: SIAGFA_MGM)**

INSPECÇÕES PROGRAMADAS		
FROTA	Nomenclatura	TOTAL
ESPILON TB-30	Pi1 (50HV Célula)	25
	Pi2 (100HV Célula)	23
	P1 (250HV Célula)	4
	P2 (500HV Célula)	5
	Revisão Geral (Iran)	1
	Vi (25HV Motor)	3
	Vi1 (50HV Motor)	28
	Vi2 (100HV Motor)	21
	VCM (50HV Motor)	5
	TOTAL	114

Do total de 114 inspecções realizadas, 58 referem-se a Pequenas Inspeccções e 9 a Grandes Inspeccções (o foco deste trabalho). No decorrer de 2012 e durante as 2750:00HV ocorreram 987⁸ avarias, o que representa um valor de 0,35 Avarias/HV.

2.3. *Lean maintenance* na MNT101

O processo de implementação de *lean maintenance* na MNT101 teve início, por despacho de Sua Excelência o General CEMFA (Chefe de Estado-Maior da Força Aérea), em Setembro de 2010, como uma aposta firme e efectiva para se alcançar uma maior capacidade de regeneração de potencial da frota Epsilon.

Aproveitando o momento para a transformação *lean* que estava a decorrer foi decidido intervir também ao nível das Pequenas Inspeccções de 50HV e 100HV à célula e ao motor, uma vez que estas representam, em média, cerca de 80% do número total de inspeccções anuais.

Neste sentido, e para ser possível alcançar um maior número de aeronaves disponíveis para voo, urgia intervir, fundamentalmente, ao nível de duas áreas:

⁸ Fonte: SIAGFA_MGM

- IRAN's – Promovem o maior contributo para a regeneração de potencial da frota ao permitirem aumentar o número total de aeronaves que podem ser atribuídas para o cumprimento da missão, tornando mais fluido e expedito o processo de gestão de manutenção;
- Pequenas Inspeções – Uma vez que estas são as inspeções predominantes, qualquer melhoria alcançada obterá sempre repercussões muito positivas em termos do número de aeronaves que podem ser atribuídas para o cumprimento da missão, contribuindo também para o aumento da capacidade de manutenção (ex.: 1 dia a menos por inspeção x 60 inspeções/ano = 60 dias disponíveis).

2.3.1. IRANs

Conforme é possível verificar pela Figura 2.4, a cadência de regeneração de potencial de 2.000HV ou oito anos (IRANs) não tem acompanhado o ritmo de aeronaves que tem atingido o Tempo Limite de Potencial⁹ (TLP).

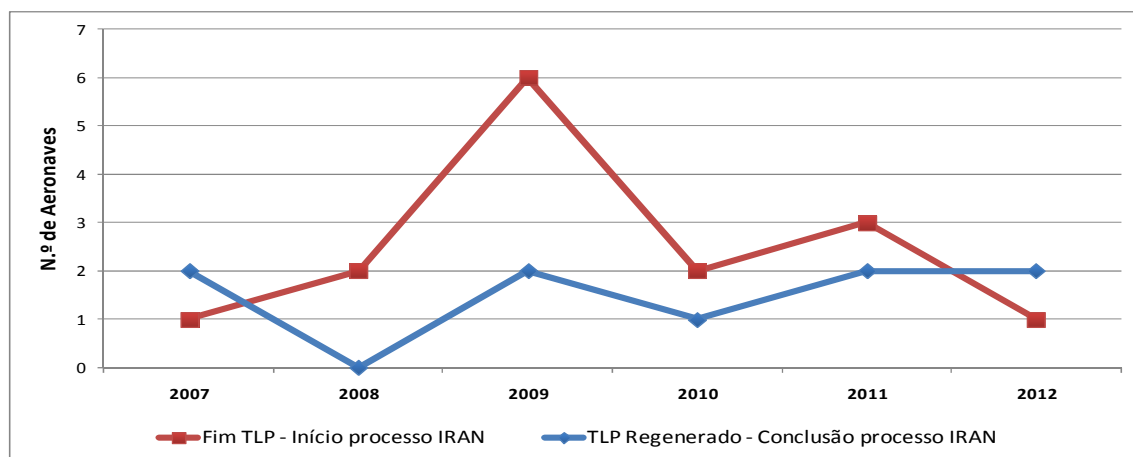


Figura 2.4 – N.º de regenerações de potencial concluídas vs N.º de IRANs iniciados
(Fonte: MNT 101)

⁹ Período de tempo em que uma determinada aeronave, órgão ou componente se encontra ao serviço/operação, findo o qual será sujeito a uma determinada intervenção (ex.: inspeção, *overhaul*, inspeção por ensaios não destrutivos, ...).

Pela análise da Figura 2.4 constata-se:

- Entre os anos de 2008 e 2011 o número de aeronaves que atingiram o TLP foi sempre superior em relação ao número de aeronaves que concluíram o processo de IRAN;
- Apenas nos anos de 2007 e 2012 o número de regenerações foi superior ao número de aeronaves que atingiram o TLP.

Os efeitos decorrentes da situação apresentada na Figura 2.4 e as implicações no número de aeronaves em manutenção programada, bem como no número de aeronaves pontas para o cumprimento da missão são representados através da Figura 2.5.

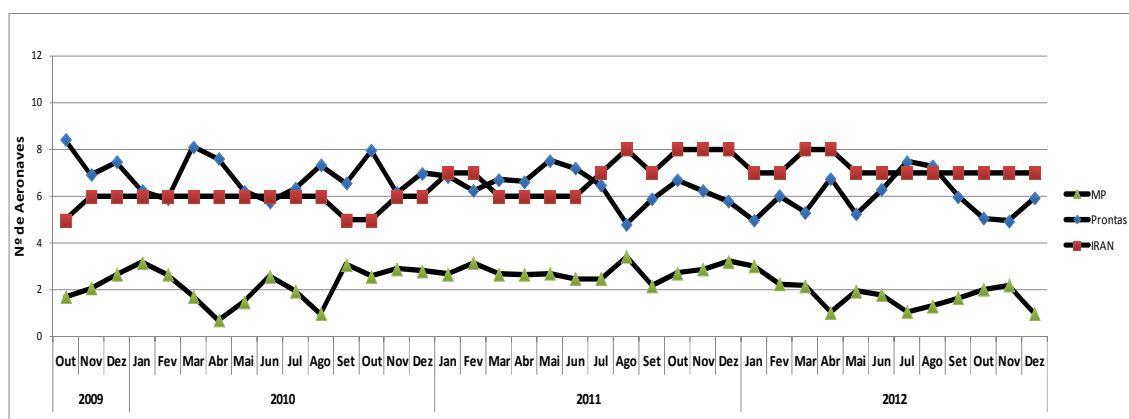


Figura 2.5 – N.º de aeronaves MP vs Prontas vs IRANs
(Fonte: MNT 101)

Analisando a Figura 2.5 verifica-se um crescimento tendencial no número de aeronaves em processo de IRAN, enquanto que ao nível das aeronaves prontas, estas apresentam a tendência inversa. Esta situação é justificada pelo facto de existir um menor número de aeronaves disponíveis com potencial de 2.000:00HV ou oito anos regenerado. É ainda possível observar a importância que esta regeneração promove na gestão das capacidades operacionais e de manutenção de toda a frota, na medida em que, quanto maior for o quantitativo de aeronaves prontas, menor será o seu número em acções de manutenção programada simultaneamente, o que irá traduzir-se num fluxo de manutenção mais ágil, flexível e sem constrangimentos.

Apesar de, em 2012, apenas ter sido possível regenerar 2.000:00HV de potencial (Figura 2.6) à aeronave N/C “D” devido à existência de alguns constrangimentos ao nível do material, originados pela obrigatoriedade de atender aos trâmites processuais em vigor, verifica-se pela Figura 2.7 e pela Figura 2.8 que a intervenção *lean* ocorrida em 2010 está a alcançar os objectivos ao nível dos tempos de processo.

Actualmente, em virtude das melhorias implementadas e do conhecimento obtido, será possível executar as quatro etapas de um IRAN (desmontagem; reparação estrutural; pintura; montagem) em apenas seis meses, o que face ao anterior representa uma redução média no tempo de processo de 33 % (≈ 9 meses, FAP) e de 56% ($\approx 13,5$ meses, *outsourcing*).

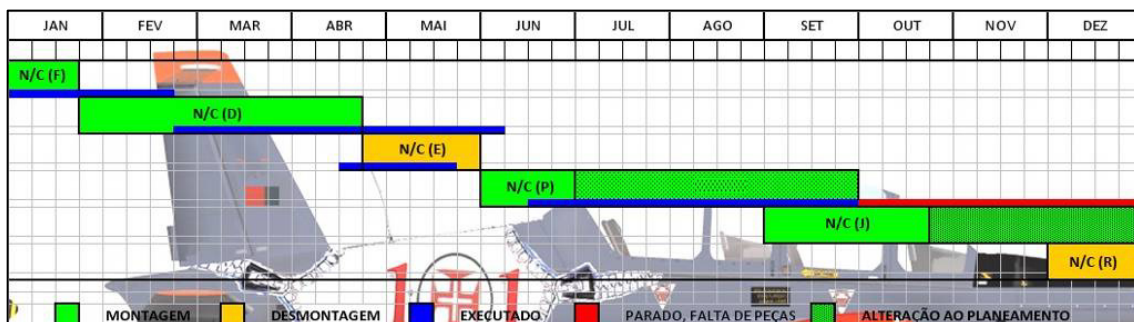


Figura 2.6 - Planeamento de Montagens e Desmontagens de Aeronaves de IRAN para 2012

(Fonte: MNT 101)

Os objectivos traçados para a regeneração de potencial, em 2012, previam a conclusão dos trabalhos na aeronave Número de Cauda N/C (F), e a realização de três montagens e duas desmontagens, tendo-se concretizado apenas uma de cada, respectivamente.

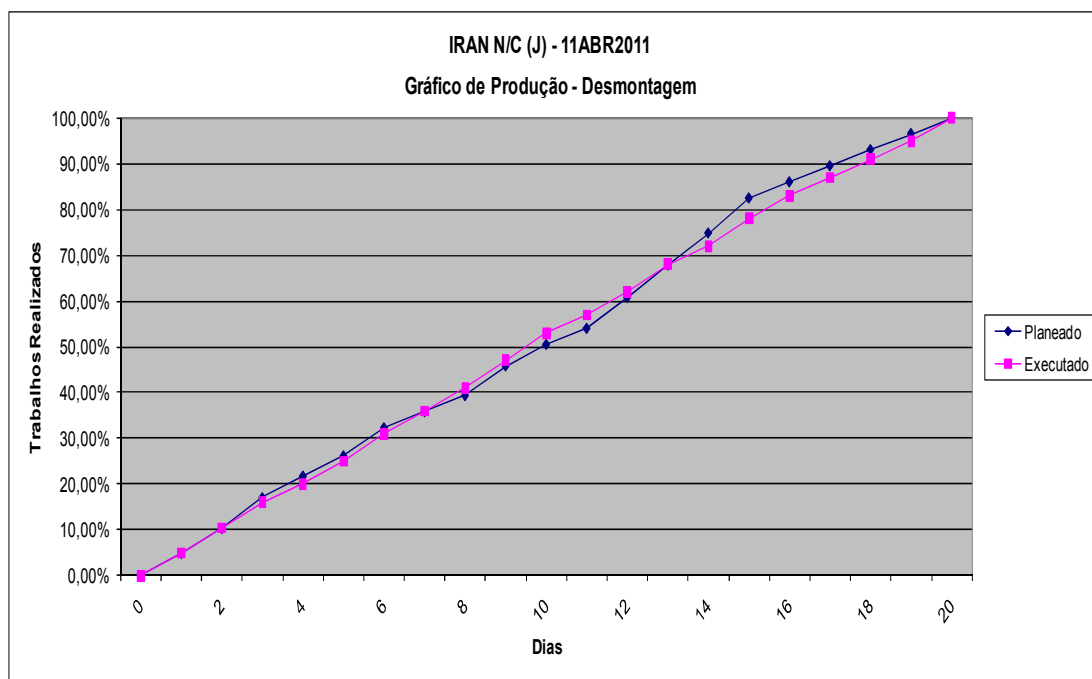


Figura 2.7 - Gráfico de produção – desmontagem IRAN (2011)

(Fonte: MNT 101)

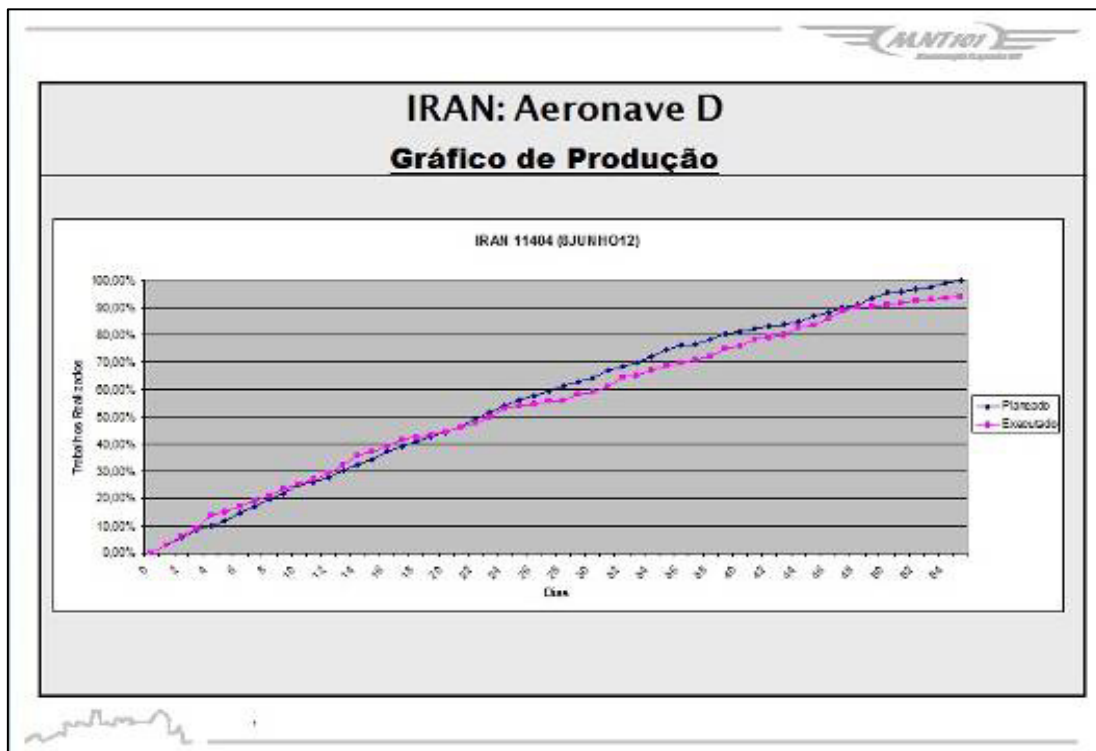


Figura 2.8 - Gráfico de produção – montagem IRAN (2012)

(Fonte: MNT 101)

Através dos gráficos de produção apresentados nas Figura 2.7 e Figura 2.8, referentes às medições do número de dias para concretização dos respectivos processos, afere-se que a normal execução dos mesmos, ainda que com a existência de alguns constrangimentos, permite executar de forma cadenciada e otimizada a sequência de trabalhos planeados, nos tempos pré-definidos e de acordo com os objectivos superiormente aprovados.

2.3.2. Pequenas Inspeções (Pi's + Vi's) e Inspeção VCM

Aproveitando o momento de transformação que ocorreu em 2010, e em virtude das denominadas Pequenas Inspeções representarem cerca de 80% (88% em 2012) do número anual de acções de manutenção programada, foi decidido proceder à implementação da filosofia *lean* nas intervenções de 50 e 100HV de célula e motor.

Da análise comparativa de 149 acções de manutenção programada foi elaborada a evolução do período pré para o pós-*lean*, realizadas nos períodos compreendidos entre:

- 01 de Outubro de 2009 a 31 de Dezembro de 2010 - 53 inspeções;
- 01 de Janeiro de 2011 a Dezembro de 2012 – 96 inspeções.

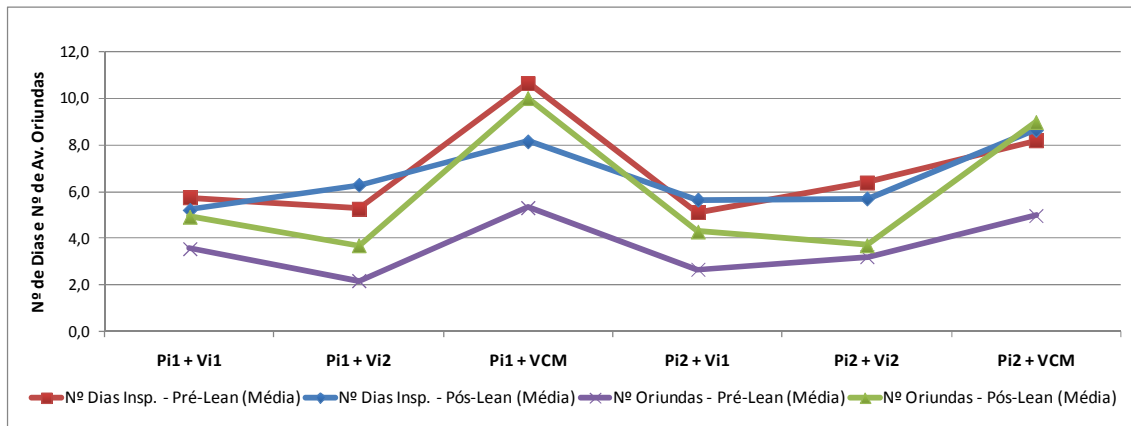


Figura 2.9 - Relação entre número de dias/inspecção vs número avarias oriundas
(Fonte: SIAGFA_MGM e SIAGFA_Operacional)

Pela análise do gráfico representado na Figura 2.9, no que diz respeito à relação entre número de dias/inspecção e o número de avarias oriundas¹⁰, verifica-se:

- O número de avarias oriundas é mais elevado em todas as acções de manutenção programada, no período *pós-lean*;
- À excepção da inspecção Pi1+VCM, o número de dias/inspecção no período *pós-lean* é aproximadamente o mesmo do que no período *pré-lean*;
- A existência de uma relação de tendência entre o acréscimo do número de avarias e o aumento do número de dias/inspecção;
- A média de avarias oriundas por inspecção, para o período *pré-lean*, apresenta os seguintes valores: Pi1 = 3,6; Pi2 = 3,7;
- A média de número de avarias/inspecção para o período *pós-lean* apresenta os seguintes valores: Pi1 = 6,2; Pi2 = 5,7.

Ainda que nunca tenha sido realizada uma análise aprofundada para identificação das causas que têm originado o aumento do avarias oriundas nas inspecções. Opiniões diversas, recolhidas por entrevista, apontam a existência de uma possível relação de factores que poderão eventualmente estar a contribuir para esta situação, nomeadamente:

- Meteorológicos;
- Canibalizações;
- Aumento da idade da frota dos 20 (2009) para os 23 anos (2012).

¹⁰ Conjunto de cartas de trabalho correspondentes à realização de acções de manutenção não programadas (ex.: resolução de avarias detectadas no decorrer de uma inspecção, substituição de órgãos rotáveis, ...) realizadas no decorrer das inspecções programadas e que são identificadas no SIAGFA_MGM com o Código Tipo de Manutenção (CTM) = B (ver Anexo D).

Os dados constantes na Tabela 2.2 permitem complementar a informação apresentada na Figura 2.9, através da indicação das variações entre o número de dias teóricos e a média de dias (duração) das inspecções de Pi1, Pi2 e respectivas combinações de motor, bem como entre os tempos médios de imobilização e a média de avarias oriundas, nos períodos *pré* e *pós-lean*.

Tabela 2.2 - Variação entre tempos de imobilização (teóricos e reais) e entre avarias oriundas.
(Fonte: SIAGFA_MGM)

	Pré-lean (Média)		Dias Teóricos	Pós-lean (Média)		Variação		
	Nº Dias	Oriundas		Nº Dias	Oriundas	Nº Dias Teóricos/Pós-Lean	Nº Dias Pré/Pós-Lean	Oriundas Pré/Pós-Lean
Pi1 + Vi1	5,8	3,6	3,0	5,2	4,9	74,7%	-8,9%	38,4%
Pi1 + Vi2	5,3	2,2	3,5	6,3	3,7	79,6%	18,9%	70,4%
Pi1 + VCM	10,7	5,3	5,0	8,2	10,0	63,3%	-23,4%	87,5%
Pi2 + Vi1	5,1	2,7	3,5	5,7	4,3	61,4%	10,8%	61,7%
Pi2 + Vi2	6,4	3,2	3,5	5,7	3,7	62,9%	-11,2%	16,1%
Pi2 + VCM	8,2	5,0	5,0	8,7	9,0	73,3%	5,7%	80,0%

Dissecando a Tabela 2.2 e a informação nela inscrita, é possível aferir:

- A diferença dos tempos médios de imobilização (teóricos/*pós-lean*) deriva sobretudo da evolução positiva do número médio de avarias oriundas em 59%;
- A redução do número de dias em três inspecções, entre 2009 e 2012, face ao aumento de avarias oriundas é um indicador das melhorias introduzidas nos processos de manutenção, a qual apresenta uma variação de (-)1,3%;
- A necessidade de se efectuar uma análise de produção, ao nível das avarias oriundas, no sentido de se identificarem quais as causas e as soluções com vista à redução do impacto destas ocorrências nos tempos de imobilização, em particular, e na frota Epsilon, em geral.

2.4. Melhoria contínua na MNT101

Firme no lema de que “*Nada é Permanente, Salvo a Mudança*”, desde há vários anos que a MNT101 tem apostado na melhoria contínua e na optimização dos recursos materiais e humanos.

Um exemplo marcante no ponto de viragem para este rumo consistiu na chamada a si da realização das acções de manutenção de 3º Escalão (IRAN), delegando apenas para *outsourcing* os trabalhos de reparação estrutural e de pintura. Este tipo de manutenção de 3º escalão, também comumente designado por *overhaul* ou por *depot*, foi, até 2007, realizado integralmente por uma entidade externa à Força Aérea.

Detentora de recursos humanos altamente qualificados e dotados de elevada experiência e conhecimentos profissionais a Força Aérea, em geral, e a MNT101 em particular têm conseguido otimizar a gestão da dotação orçamental atribuída, enquanto simultaneamente promovem melhorias ao nível da qualidade dos trabalhos realizados, incrementando os níveis de proficiência no cumprimento da missão e motivando os seus militares e civis através do aproveitamento do seu potencial humano, o que permite retirar conclusões extremamente relevantes, dignas de referência e de reconhecimento no seio aeronáutico:

- Apesar de uma redução de cerca de 80% na dotação orçamental anual, entre 2005 e 2011, o cumprimento da missão tem sido sempre alcançado, mantendo-se quase invariável o número de aeronaves prontas para a missão;
- Os benefícios decorrentes da utilização dos sistemas de informação implementados na FAP possibilitaram que, recursos que anteriormente estavam alocados a funções indirectas passassem a desempenhar funções como mão-de-obra directa;
- As aquisições de material rotável e de consumo são feitas com base em previsões concretas de consumo e em função da data das necessidades, o que permitiu reduzir os custos de aquisição em cerca de 30%, entre 2010 e 2012;
- No âmbito da ligação com o Área Logística tem sido desenvolvido um trabalho conjunto de Excelência, em prol da boa gestão do material, como é o caso da identificação e constituição de *kanbans*¹¹ (kits de material de consumo para o *top ten* das avarias, localizados na MNT101), de modo a evitar a intervenção dos mecânicos na elaboração de requisições de material, libertando-os para a realização das tarefas de valor acrescentado.

2.5. A oportunidade de melhoria nas inspecções P1 (250HV) e P2 (500HV)

A oportunidade de melhoria nas inspecções P1 e P2 surge naturalmente, decorrente do trabalho que tem vindo a ser desenvolvido pela MNT101 na optimização de processos e na gestão de recursos materiais e humanos, bem como no aproveitamento do potencial humano que a constitui.

Desde a intervenção *lean* de 2010, no IRAN e nas Pequenas Inspeções, que a MNT101 aguardava pela oportunidade sustentada para intervir nas Grande Inspeções de célula.

¹¹ Palavra japonesa que significa cartão, etiqueta ou sinal e que representa uma ferramenta de gestão *lean* destinada ao controlo do fluxo de materiais, pessoas e informação com o intuito de garantir a fluidez dos processos.

A filosofia de permanente abertura à mudança e o foco na melhoria contínua que tem regido a MNT101, conjugada com o nível de sustentação do processo *lean* que decorre há cerca de dois anos, são factores que impulsionaram esta oportunidade.

Ao longo deste capítulo foi apresentada a situação da frota Epsilon, através de uma análise da função manutenção realizada desde 2009, focando no seu âmago a análise na comparação de indicadores concretos, dos resultados decorrentes da implementação da filosofia *lean maintenance* nas acções de manutenção de 3º escalão e nas Pequenas Inspecções.

No próximo capítulo será realizada a abordagem e a apresentação detalhada do *lean thinking* e da sua evolução até ao *lean maintenance*, bem como dos princípios e ferramentas inerentes à sua implementação, sendo ainda apresentados exemplos concretos da sua aplicação na aeronáutica militar e civil.

Capítulo 3 – DO LEAN THINKING AO LEAN MAINTENANCE

“Insanidade é fazer sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes.”

(Albert Einstein)

Neste capítulo é feita uma abordagem abrangente à filosofia *lean* e à sua evolução histórica, identificando-se os conceitos, princípios, métodos e ferramentas associados, bem como os benefícios resultantes da sua implementação, apresentando-se ainda a evolução histórica desde a origem do *lean* na indústria automóvel até à sua expansão para outras áreas de aplicação, nomeadamente à manutenção aeronáutica – *lean aircraft maintenance*, o foco desta dissertação.

3.1. *Lean thinking* e sua evolução histórica

A designação *lean* foi utilizada pela primeira vez por *John Krafcik*¹², em 1988, no seu artigo "*Triumph of the lean production system*", escrito com base na sua tese do MBA (*Master in Business Administration*) que apresentou na *Sloan School of Management* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (*Womack, J. et al.*, 1990, p. XIII). Nesse período *Krafcik* percorreu, 90 Unidades de Montagem Automóvel em 15 países, o que constituiu a mais abrangente pesquisa jamais realizada em qualquer ramo industrial (*Womack, J. et al.*, 1990, p. XIV).

¹² Actual Presidente e CEO da *Hyundai Motor America* e antigo *Quality Engineer* na *joint venture Toyota-General Motors (California)*.

No que diz respeito ao conceito *lean thinking* (pensamento magro), este foi utilizado pela primeira vez por *James Womack* e *Daniel Jones* (1996) na obra de referência com o mesmo nome. Este conceito foi apresentado como uma filosofia de liderança e de gestão, focada no cliente e que visa a eliminação dos desperdícios existentes nos processos e na adição contínua de valor ao produto, sendo caracterizada por recorrer a metade do investimento em ferramentas, metade dos *stocks*, metade da área de produção, metade dos trabalhadores e metade do tempo para obter a mesma produtividade da Produção em Massa (*Mass Production*) e ainda assim aumentar a qualidade, a flexibilidade e o serviço ao cliente.

Estes autores, *James Womack* e *David Jones*, referem-se a esta filosofia como o antídoto para o desperdício que é criado por qualquer actividade e/ou utilização de recursos que usados indevidamente não acrescentam valor e que contribuem para incrementar os tempos de processos, os custos, a não satisfação do cliente ou das demais partes interessadas (Pinto, 2009, p. 3).

O *lean thinking*, também designado por *Toyota Production System* (TPS), teve origem na fábrica de automóveis da *Toyota* no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial, tendo sido criado por: *Toyoda Sakichi* – fundador da *Toyota*, *Toyoda Kiichiro* – filho de *Toyoda Sakichi* e *Taiichi Ohno* – principal engenheiro executivo da *Toyota*, cujos objectivos consistiam em aumentar a eficiência da produção através da eliminação contínua de desperdícios. A sua aplicação deveu-se à baixa produtividade da indústria Japonesa causada pela escassez de recursos, o que não permitia a adopção da Produção em Massa (*Womack, J. et al.*, 1990).

O sistema de *Mass Production*, desenvolvido por *Alfred Sloan* (GM) e *Henry Ford* após a Primeira Guerra Mundial, que predominou industrialmente até à década de 1990, alterou os paradigmas de fabrico artesanal (produção por encomenda com integral possibilidade de customização, mão-de-obra altamente qualificada, ferramentas simples e flexíveis) para o fabrico em série, visando a redução dos custos unitários dos produtos através de uma produção em larga escala alicerçada em “*profissionais excessivamente especializados para projectar produtos manufacturados por trabalhadores semi ou não-qualificados, utilizando máquinas dispendiosas e especializadas numa única tarefa*” (*Womack, J. et al.*, 1990, p. 3).

No entanto, a elevada capacidade de produção padronizada dessas máquinas, a reduzida versatilidade e os altos custos das mesmas, apresentavam como desvantagens a necessidade de alocar mais trabalhadores para operar com maiores *stocks* e grandes lotes de produção que conduziam, por inerência, à existência de folgas (também designadas por “almofadas”) durante o processo e a ainda ao aumento dos tempos de resposta (*lead time*).

Neste sistema, não existia grande preocupação com a qualidade do produto, patente pela inexistência de controlos ao longo do processo de produção (ex.: o motor não era posto em funcionamento até ao momento em que era necessário retirar o carro para o exterior da linha de montagem), aceitando-se “*uma quantidade tolerável de defeitos*” (*Womack, J. et al.*, 1990, p. 4), antagonicamente aos princípios do *lean thinking*, em que a qualidade dos produtos e a perfeição são as metas a almejar.

Após ter sido forçada a dispensar um quarto da sua força de trabalho (1949), no ano seguinte a Toyota estava a produzir diariamente 2.685 automóveis, enquanto a Ford, na sua fábrica em *Detroit*, alcançava as 7.000 unidades (Womack, J. et al., 1990, p. 37), a *Toyota Motors Company* (TMC) identificou que a única forma de sobreviver seria através da diferenciação, face à indústria automóvel Ocidental, tendo apostado numa variedade de produtos com elevada qualidade e de baixo custo que estivessem orientados para a satisfação do cliente.

Em 1990, numa época em que a dimensão da Toyota era metade da General Motors, James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross, editam o livro “*The Machine That Changed the World*” onde revelam pela primeira vez ao mundo o resultado de um estudo abrangente sobre o *lean production* e o modelo de produção adoptado pela Toyota e que levaria o construtor nipónico a tornar-se a partir de 2007 (Pinto, 2009, p. 3), com 8,972¹³ milhões de unidades vendidas, mais 616 mil do que a GM, no maior construtor de automóveis do mundo (alternando a liderança com a GM e a Volkswagen, até 2012). Este estudo revelou que o TPS, já nessa altura, era sinónimo de superioridade dos métodos japoneses face aos europeus, quer no que diz respeito à produtividade, qualidade, capacidade de desenvolvimento de novos produtos, bem como na gestão de *stocks* e do fluxo da cadeia logística.

Womack et. al revelam no seu livro (pp. 3-4) que, Taiichi Ohno ao aperceber-se de que a filosofia inerente ao *Mass Production* não ia ao encontro dos seus objectivos, decidiu encetar um conjunto de pesquisas e experiências na secção de prensagem da Toyota, que lhe permitiram concluir que o custo de produção em pequenas quantidades era mais baixo, quando comparado com a produção em grandes quantidades. Para esta conclusão confluíram dois factores: os custos dos *stocks* eram mais reduzidos; no caso de aparecimento de defeitos, estes eram de imediato corrigidos e o desperdício de material e o tempo associado ao *rework* diminuía. Esta descoberta contribuiu para que os trabalhadores comesçassem a focar-se mais na função qualidade do que com o número de peças defeituosas.

Os autores referem também que, na senda das suas pesquisas e melhorias constantes, com vista à eliminação de desperdícios, Taiichi Ohno conseguiu agregar as vantagens da Produção Artesanal e do *Mass Production* na medida em que evita os elevados custos da primeira e a rigidez da última, através do emprego de equipas qualificadas em todos os níveis da organização e de máquinas flexíveis e automatizadas para produzir produtos diversificados em quantidades elevadas.

Todo este trabalho de pesquisa, estudo, experimentação e melhoria contínua na produção da Toyota só se revelariam repletas de importância e de significado se estivessem acessíveis para todos.

¹³ in <http://www.zap.com.br/revista/carros/ultimas-noticias/toyota-passa-gm-e-torna-se-a-maior-montadora-do-mundo-20090122/>, acedido em 15/1/2013.

É neste sentido, e inserido no projecto do IMVP (*International Motor Vehicle Program*) que conduziria à edição do livro “*The Machine That Changed the World*”, que em 1986 Womack *et al.*, se deslocaram à fábrica da *New United Motor Manufacturing Inc.* (NUMMI), uma *joint venture* da Toyota com a GM instalada em *Fremont, Califórnia*. Após procederem à avaliação desta instalação foi possível compará-la, em termos de produtividade, com a unidade de *Takaoka* (Japão), tendo sido possível concluir que a Toyota, com o seu sistema de produção, tinha revolucionado a indústria automóvel e que a implementação da filosofia *lean* em outros países e outras culturas poderia ser uma realidade de sucesso.

O *lean thinking* não consiste apenas num “*roadmap*” para implementar mudanças mas, acima de tudo, contribui para uma transformação de atitude e de cultura empresarial/organizacional, através da aposta na identificação de soluções para os problemas com o objectivo de mudar os processos de trabalho mas sobretudo a forma como as pessoas pensam, e consequentemente agem.

Actualmente, a filosofia *lean* é amplamente aceite como uma metodologia de progresso, não apenas para a indústria automóvel, mas também para as operações de produção mais abrangentes em outros sectores tão diversos como o retalho, bancos, seguradoras, tecnologias de informação, governos, empresas de serviços, hospitais¹⁴, indústria farmacêutica¹⁵, caminhos-de-ferro¹⁶, portos, manutenção e reparação naval¹⁷, aeronáutica civil e militar.

Foi com base no estudo apresentado por Womack *et al.*, (1990), no livro “*The Machine that Change the World*” que a USAF (*United States Air Force*) se aliou, em 1993¹⁸, ao MIT numa parceria que visava o estudo do modelo TPS com vista à sua implementação na aeronáutica militar.

Desta parceria surgiu o *Lean Advancement Initiative* (LAI), uma comunidade que proporciona a pesquisa e a partilha de conhecimento e de experiência com o objectivo de criar uma *lean enterprise*, na qual as entidades e empresas de um determinado sector funcionam como se fossem uma única.

Entre 1993 e 1996, o MIT, pioneiro no estudo e aplicação do pensamento *lean*, constituiu um consórcio que reúne empresas da indústria aeronáutica, entidades governamentais e laborais, o *Lean Aircraft Initiative*, cujos objectivos consistem no estudo, implementação e avaliação de *best practices*, em termos de aplicação aeronáutica¹⁹.

¹⁴ in *Voice of America* (2nd March 2008), David Weinberg.

¹⁵ in *Pharmaceutical Engineering* (Set/Out 2010, Vol. 30, No. 5), Gerard Clarke

¹⁶ in <http://railwaystrategies.co.uk/article-page.php?channelid=100&contentid=3745&issueid=160>, acedido em 21/12/2012.

¹⁷ in *Naval Engineers Journal* (Fall 2004, p. 79), “An Integrated Lean Implementation Model for Fleet Repair and Maintenance”, Alok Verma.

¹⁸ in <http://lean.mit.edu/about/history>, acedido em 17/1/2013.

¹⁹ in <http://lean.mit.edu/about/history>, acedido em 17/1/2013.

3.2. Conceito de Valor

A definição de valor é dificultada pelas múltiplas interpretações e significados que lhe podem ser atribuídos, no entanto, um pressuposto incontornável diz respeito ao facto do conceito de valor ser definido ou percebido pelo cliente, associando-lhe este, um conjunto de características e expectativas que irão satisfazer as suas necessidades.

“Valor” vai muito para além da vertente monetária da questão, sendo aquele que é gerado pelas organizações, visando a satisfação de todas as partes interessadas ou intervenientes (*stakeholders*) e que pretende ser almejado não apenas pelos clientes, mas também pelos colaboradores, accionistas e pela sociedade em geral.

No caso do objecto de estudo e em sentido prático (que possa ser mensurável), o valor poderá ser entendido em duas vertentes: a qualidade funcional do serviço prestado na manutenção; o tempo disponível efectivo para realizar acções de manutenção. Esta última vertente é aquela que apresenta maior interesse na presente dissertação.

3.3. Conceito de Desperdício

Entende-se por desperdício toda e qualquer actividade que não acrescente valor.

Os autores de “*Lean Thinking*” (Womack e Jones, 1996) complementaram a definição anterior, como qualquer actividade que não acrescenta valor e que contribui para aumentar os custos, os tempos de processo e a insatisfação do cliente final ou das demais partes interessadas ou envolvidas, reduzindo consequentemente a vantagem competitiva.

Pesquisas efectuadas pelo *Lean Enterprise Research Center*²⁰ (Cardiff, UK), concluíram que apenas cerca de 5% das tarefas de um processo adicionam valor ao mesmo. Nesta óptica, as empresas/organizações que pretendam aumentar a sua eficiência compete-lhes olhar para estes 95%, que não aditam valor, como 95% de oportunidades para alcançarem o sucesso.

A Figura 3.1 representa de modo ilustrativo como, pelo processamento através da redução/eliminação de tarefas não geradoras de valor, é possível reduzir os tempos de processo.

²⁰ Hines P., et al, (2000) *Going lean: a guide to implementation*.



Figura 3.1 - Criação de “Valor” através da eliminação de “Desperdício”

Nesta perspectiva, o objectivo fulcral deve centrar-se em alcançar o equilíbrio entre a capacidade e a carga, ou seja, deve existir uma quantidade de pessoas, processos, materiais e tecnologia capaz de produzir a quantidade de produtos ou serviços solicitados pelo cliente.

Na cultura oriental, os japoneses caracterizam os desperdícios em três tipos (ver Figura 3.2):

- MUDA – tudo o que não acrescenta valor e que deve ser eliminado;
- MURA – refere-se às irregularidades dos processos (pode ser eliminado através do sistema *just-in-time*);
- MURI – refere-se aos excessos e insuficiências (pode ser eliminado através de procedimentos *standard*);

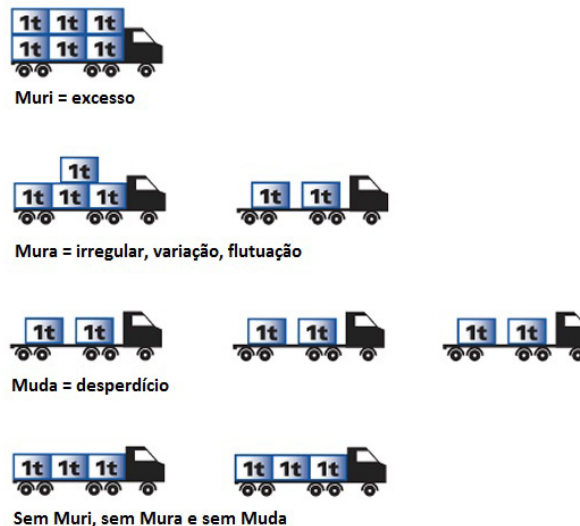


Figura 3.2 – Três MU's identificados pelo TPS

(Fonte: adaptado de http://www.lean.org/lexicon_images/muda_mura_muri.gif,
acedido em 5/1/2013)

Taiichi Ohno e Shigeo Shingo²¹ (1981) identificaram as sete categorias de desperdícios mais comuns (Pinto, 2009), apresentando-se alguns exemplos tipificados do sector aeronáutico:

- Excesso de produção – efectuar mais acções de manutenção do que aquelas que são estritamente necessárias para regeneração do potencial indispensável ao cumprimento da missão;
- Tempos de espera – ter uma equipa de mecânicos qualificados a aguardar a entrega de material, que já deveria ter sido entregue previamente para uma determinada inspecção;
- Transportes e movimentações – deslocações desnecessárias ao armazém para ir levantar material ou uma ferramenta para a execução de uma tarefa;
- Desperdício do próprio processo – operações de recepção e controlo de material e controlo de documentação;
- Stocks – ter mais material em armazém do que as necessidades de consumo previstas (ex: existência de três hélices em armazém quando a previsão para o próximo ano é de apenas um);
- Defeitos (rework) – necessidade de refazer uma acção de manutenção;
- Trabalho desnecessário – canibalizações de material.

Mais tarde nos E.U.A., os investigadores do MIT Womack e Jones (2003), adicionam o oitavo desperdício, correspondente:

- Não aproveitamento do potencial humano – Não envolvimento dos colaboradores na resolução de problemas, pela depreensão infundamentada de que estes poderão não ser detentores dos conhecimentos necessários.

²¹ Engenheiro Industrial japonês e “expert” em processos de produção e no *Toyota Production System*.

3.4. Evolução do sistema de produção Toyota até ao pensamento *lean*

Como já foi referido, a origem e desenvolvimento do TPS remonta aos anos 1940's por *Taiichi Ohno* e, anos mais tarde, por *Shigeo Shingo*, tendo evoluído ao longo de quatro décadas para dar origem ao *lean thinking*. A estrutura do TPS ou Casa TPS, como também é conhecida, está representada na figura abaixo:

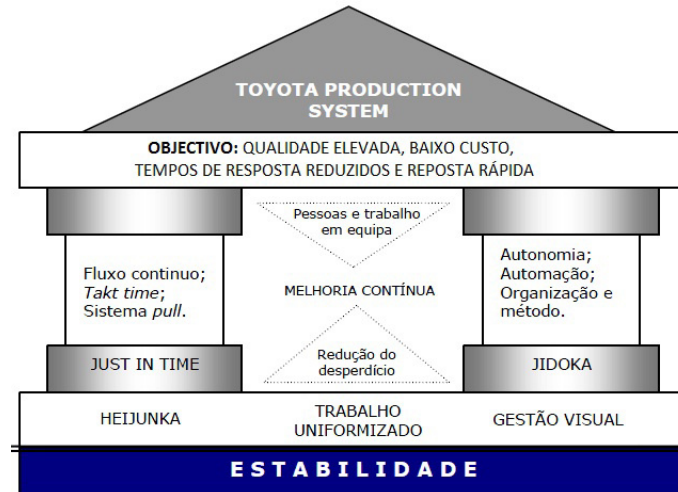


Figura 3.3 - Filosofia TPS (Casa TPS)

(Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/17047771/Toyota-Prodution-System>, acedido em 5/1/2013)

Explanando a Figura 3.3 para uma melhor compreensão, vem:

- Jidoka - implementação e desenvolvimento de condições que conduzam à Excelência;
- Just-in-time - no momento exacto, no local, apenas o necessário;
- Heijunka – fluxos contínuos que permitam processos estáveis e consistentes;
- Standard work – requisito principal para a estabilização dos processos;
- Melhoria contínua – identificação continuada de desperdícios que conduzam à sua eliminação definitiva;
- Estabilidade – primeiro estabilizam-se os processos para que posteriormente seja possível reduzir custos, eliminando os desperdícios.

De acordo com *Spear* (1999), o TPS tem sido reconhecido como estando na origem do sucesso nas fábricas da *Toyota* sediadas no Japão e nos E.U.A., no sector da construção automóvel. No entanto, apesar deste extraordinário sucesso, as centenas de executivos das mais variadas áreas de negócios que já visitaram as fábricas da *Toyota*, têm sentido alguma frustração pela incapacidade de replicar estes resultados, nas suas empresas.

Estes mesmos executivos identificam que o sucesso da *Toyota*, face às restantes companhias, poderá residir nas raízes culturais da própria empresa que ao longo de cinco décadas foi desenvolvendo de forma natural o seu próprio sistema de produção.

Spears, nos seus trabalhos de pesquisa para descodificação do ADN da *Toyota*, sugere que a resposta pode residir no paradoxo de que a rigidez, aplicada às actividades, conexões e fluxos de produção, através de procedimentos escritos, é o factor central que torna possível a flexibilidade e criatividade dos processos.

Este mesmo autor identifica as quatro regras básicas que estão subjacentes ao TPS e que regem a concepção, operação e melhoria de cada uma das actividades, bem como das suas etapas, conexões e percursos para todos os produtos e serviços:

- Regra 1 – Todo o trabalho deve estar detalhadamente especificado, no que diz respeito ao seu conteúdo, sequência, tempos e resultados;
- Regra 2 – Toda e qualquer ligação cliente-fornecedor tem de ser directa, proporcionando que as perguntas e respostas sejam do tipo sim-ou-não;
- Regra 3 – As etapas e os percursos de todos os produtos e serviços têm de ser simples e directos;
- Regra 4 – Toda e qualquer melhoria passível de ser introduzida nos processos tem de ser realizada de acordo com um método científico, sob orientação de um “*sensei*”²², ao nível mais baixo possível dentro da organização.

No que diz respeito à formação, a *Toyota* recorre a uma aproximação de ensino e aprendizagem que conduz os seus colaboradores à descoberta das regras pelo método aprender-fazendo. Este processo permite desenvolver de forma mais intensa e perspicaz o conhecimento sobre as tarefas a realizar, conduzindo a uma aprendizagem mais efectiva, de um conjunto de perguntas:

- Como é que realizaria este trabalho?
- Como é que saberia que está a realizar o trabalho da forma correcta?
- Como é que saberia que o produto final não teria defeitos?
- O que faria se detectasse um problema?

²² Palavra japonesa que significa mestre

Para além de ser um agregado de ferramentas e soluções de melhoria, o TPS é uma cultura que visa dotar as pessoas de métodos que lhes permitam desenvolver e implementar uma melhoria contínua do seu desempenho.

O TPS é alicerçado nas capacidades de liderança, no trabalho em equipa e na definição de estratégias, bem como em alguns princípios fulcrais, tais como: a gestão visual como forma de envolvimento e comprometimento de todos com os objectivos traçados, a uniformização e estabilidade dos processos, o nivelamento da produção e, o mais importante de todos, o respeito pelas pessoas.

Segundo *Miller* (2004) foi com base nestes pressupostos que o significado de TPS foi recentemente alterado para *Thinking People System*²³.

O aditamento de dois novos blocos, resultado da evolução do TPS, deu origem ao “*Edifício Lean*” (designação atribuída pela CLT – *Comunidade Lean Thinking*), conforme ilustrado na Figura 3.4:



Figura 3.4 - Integração da “casa TPS” no “edifício *lean thinking*”
(Fonte: CLT, 2008)

Nesta evolução foram adicionados dois blocos à “Casa TPS”:

- Gestão da cadeia de fornecimento – envolvimento de todos os intervenientes no processo (empresas, sectores, ...);
- Serviço ao cliente – é no foco no cliente final e na satisfação deste que reside o factor de diferenciação e sucesso das organizações vencedoras.

A filosofia *lean* não se resume somente a um conjunto de actividades, mas sim numa mudança cultural ao nível do modo como as pessoas e as empresas/organizações se ligam entre si.

²³ in <http://leanmanufacturingtools.org/63/benefits-of-lean-manufacturing/>, acedido em 15/3/2013.

3.5. Princípios *lean thinking*

Os cinco princípios para a transformação *lean*, que abaixo se descrevem²⁴, foram identificados por Womack e Jones (Womack et al., 1996, pp. 16-26), por forma a se constituírem, naquilo a que se poderá considerar como um mapa para implementação da filosofia *lean* em qualquer organização:

- Definir o que é Valor – é o cliente e não as organizações que define o que é valor, cabendo às empresas disponibilizar produtos e serviços que se enquadrem nas características pretendidas, e pelas quais este estará disposto a pagar;
- Definir a Cadeia de Valor – Conjunto de actividades transversais a todos os sectores de uma organização que têm intervenção na produção de um bem ou serviço até este ser entregue ao cliente.
- Fluxo – Organização da cadeia de valor de modo a que toda e qualquer etapa que não acrescente valor seja eliminada, tornando o processo o mais fluído contínuo possível;
- Puxar - Permitir que seja o cliente a puxar pela cadeia de valor, produzindo-se apenas o necessário e quando for preciso, evitando-se a acumulação de *stocks* ao longo da cadeia;
- Perfeição – Eliminação completa do desperdício através da reorganização de processos entre si para que apenas as etapas que acrescentam valor façam parte do processo. É no almejar da perfeição que residem os princípios, os esforços e os objectivos da melhoria contínua.

A Figura 3.5 representa, sob a forma de pirâmide, as três áreas que servem de suporte à filosofia *lean*:

- Atitudes/Comportamentos – Permitem, através dos envolvimento de todos, proporcionar o estímulo da proactividade, fundamental no processo de melhoria contínua, com vista à identificação e resolução dos problemas;
- Processos - Quando orientados para a satisfação das partes interessadas/envolvidas (*stakeholders*) direccionam as empresas para a criação de valor, através da eliminação de desperdícios;
- Estratégia/Gestão – Definição de acções e monitorização de desempenho através de indicadores concretos, de modo a garantir que os objectivos da organização e a satisfação dos clientes estão a ser alcançados.

²⁴ http://www.lean.org.br/5_principos.aspx, acedido em 21/1/13.

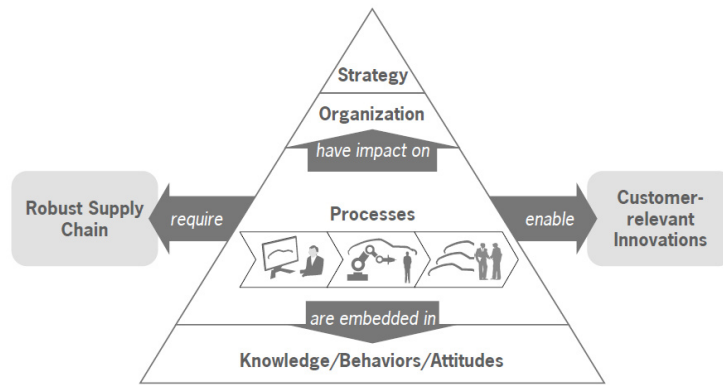


Figura 3.5 - Pirâmide filosofia TPS

(Fonte: <http://www.porscheconsulting.com>, acessado em 5/1/2013)

Estas três áreas para serem devidamente sustentadas requerem a existência de uma cadeia logística robusta e otimizada, capaz de satisfazer as necessidades dos clientes, na quantidade exacta e no tempo pretendido, proporcionando nas empresas a capacidade de constatar inovação e melhoria.

3.6. Ferramentas *lean*

A implementação da filosofia *lean* recorre, para além das etapas referidas anteriormente, à utilização de algumas ferramentas, destacando-se aquelas que foram aplicadas na concretização da presente dissertação:

- Eventos de Melhoria Rápida (*Kaizen Blitz Events*);
- Mapeamento da Cadeia de Valor;
- A3 - PDCA;
- 6S (5S + 1S);
- *Takt time*;
- Gestão visual;
- Produção celular e pessoas polivalentes;
- Uniformização de instruções de trabalho (*Standardized Work Instructions*);
- Gestão Total da Qualidade - TQM (*Total Quality Management*);
- *Kanban*;
- Diagrama Causa-Efeito.

3.6.1. Eventos de Melhoria Rápida (EMR)

Kaizen, que em japonês significa “boa mudança”, representa a forma mais eficaz e eficiente de implementar a filosofia *lean* numa empresa/organização.

Os eventos de melhoria rápida caracterizam-se por se focarem nas oportunidades de melhoria identificadas para um determinado processo/actividade, bem como por gerarem resultados rápidos e significativos, criando um ambiente de optimismo, confiança, entusiasmo e satisfação entre os participantes.

Quando se aposta na mudança, há que estar preparado para perder alguma produtividade e para a assumpção dos custos inerentes, devido à alocação dos recursos em actividades que não são o foco dos intervenientes (ex.: *kaizens*, reuniões, estudo de novos processos), bem como para manter a confiança e força necessárias para conduzir a equipa ao encontro aos objectivos.

3.6.2. Mapeamento da Cadeia de Valor

Uma das mais importantes ferramentas no processo de implementação da metodologia *lean* consiste no mapeamento da cadeia de valor, que é utilizada para mapear o fluxo dos processos tal e qual eles decorrem no momento presente, bem como visualizar qual será a situação futura a alcançar depois de introduzidas as melhorias necessárias para reduzir os desperdícios indesejados.

Esta ferramenta desenvolvida por *Rother et al.* (1999), simples e eficaz, permite a visualização do percurso de um produto ao longo da cadeia de valor (ex.: desde a obtenção de matéria-prima até à entrega no cliente final ou no caso prático deste trabalho, desde que uma aeronave entra em manutenção até que fica pronta para voo), ajudando a reconhecer as áreas onde se consomem recursos que não acrescentam valor na perspectiva do cliente (desperdício) e quais as suas causas.

Este processo é constituído por duas fases: a primeira consiste na identificação da situação actual (*current state*); a segunda reside na construção da situação futura (*future state*), gerada pela análise da primeira e por um conjunto de ideias/*inputs* que conduzem ao “*redesign*” dos processos.

Neste exercício a equipa identifica, com recurso a *post-its*, cada uma das etapas de um determinado processo, desde o seu início até ao fim, assinalando os pontos de comunicação, tempos de espera, deslocações, trabalhos desnecessários (*Womack, J. et al, 1996*). O objectivo reside na identificação e distinção das tarefas que adicionam valor ao processo e que o cliente está disposto a pagar, daquelas que não adicionam valor. No decorrer do processo de implementação *lean*, a relação entre estes dois tipos de tarefas, deve evoluir favoravelmente.

3.6.3. A3 – PDCA (Plan, Do, Check, Act/Adjust)

A metodologia A3 – PDCA tem por base o ciclo de *Deming (Plan, Do, Check, Act)*, o “*main driver*” da filosofia de melhoria contínua, um processo de evolução gradual que se desenvolve e aperfeiçoa, permitindo uma progressiva aprendizagem e envolvimento de todos.

Esta ferramenta, de aplicação praticamente universal, é orientada para a resolução de problemas e destina-se à identificação das causas, procurando alcançar a melhor solução. O seu nome fica a dever-se ao facto de se apresentar sob o formato de uma folha A3 para facilitar a visualização da informação transcrita no documento (Ribeiro, 2009).

Para uma resolução de problemas rápida e eficiente, Salvada (2008) identifica os oito passos que devem ser atendidos durante o processo:

- *Plan*
 1. Identificação e Descrição do Problema – identificar o desvio em relação à norma, descrevendo o problema de forma clara, concisa e mensurável;
 2. Perceber o processo (Problema) – observar o processo até dominar o seu funcionamento;
 3. Definição do objectivo – deve ser claro, conciso, mensurável e ter definido uma data para ser alcançado;
 4. Perceber as causas do problema – proceder à recolha de dados, utilizar técnicas de análise causa-efeito e utilizar as sugestões dos membros da equipa para identificar todas as causas possíveis;
- *Do*
 5. Definição de tarefas – implementar as tarefas de mais baixo custo, uma vez que são as que apresentam maior facilidade de implementação e melhor aceitação;
- *Check*
 6. Verificação de resultados – avaliação dos dados alcançados, comparando-os com o anterior, preferencialmente através de gráficos;
- *Act*
 7. Standardizar – colocar o procedimento sob a forma escrita e proceder à formação dos intervenientes;
 8. Reconhecer e partilhar o sucesso – celebrar os resultados alcançados com todos os que contribuíram para o sucesso.

Ainda, segundo Salvada (2008), cerca de 80% do tempo alocado deve ser centrado na compreensão do problema; no que diz respeito à constituição de uma equipa para a aplicação da metodologia PDCA, esta deverá ser constituída, preferencialmente, por 4 a 7 pessoas.

3.6.4. 6S (5S + 1S)

Uma das áreas em que a transformação *lean* é mais visível é ao nível dos postos de trabalho. Estas alterações têm como objectivo torná-los mais eficientes, seguros e organizados, ao mesmo tempo que tendem a proporcionar condições óptimas para as pessoas trabalharem.

Os 5S representam cinco palavras que, em japonês, começam pela “S” e que não são mais do que cinco boas práticas de bom senso e de senso comum:

- *Seiri (Sort - Organização)* – Separar o necessário do desnecessário no posto de trabalho;
- *Seiton (Set in Order – Arrumação)* – Definir um local para cada coisa, identificando-o e verificando se a mesma está no seu local;
- *Seiso (Shine - Limpeza)* – Limpeza e asseio do posto de trabalho, bem como da área envolvente;
- *Seiketsu (Standardize - Normalização)* – Definição das normas de limpeza e arrumação, recorrendo se necessário a ajudas visuais e definição de procedimentos;
- *Shitsuke (Sustain - Disciplina)* – Consiste na prática sistemática dos procedimentos e dos objectivos de limpeza;
- O sexto “S” - *Safety/Segurança* - significa respeito pelo local de trabalho e pelo trabalhador, de modo a evitar acidentes.

O 6S, como um método de gestão e organização, é amplamente aceite e de fácil execução, apresentando resultados rápidos e visíveis, perceptíveis por todos, sendo no imediato a face visível da transformação organizacional em curso. Estas mudanças, para além de transmitirem confiança aos intervenientes, permitem que, até os mais cépticos, comecem a acreditar e a adoptar uma postura mais activa no processo, o que conduz a um aumento da motivação, tornando o processo de gestão mais expedito e facilitado.

Na opinião do autor, a realização periódica destes procedimentos conduz à aquisição de hábitos de disciplina, rigor e método de trabalho que no decorrer do tempo serão extrapolados, sustentadamente, para uma disciplina de cumprimento dos objectivos estipulados para cada equipa de trabalho, nos tempos necessários e previstos.

3.6.5. Takt time

Termo de origem alemã que significa “*ritmo*” ou “*passo*” definido pelo cliente e que resulta da divisão do tempo de produção disponível pelas necessidades do cliente.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ Produção\ Disponível}{Necessidades\ do\ Cliente}$$

3.6.6. Elementos de gestão visual

As ferramentas de gestão visual têm sido desenvolvidas pelos denominados *lean practioners*, como instrumentos de comunicação que permitem, em tempo real, aferir a performance de um determinado processo.

Estes elementos, usualmente estão afixados nas docas de trabalho e transmitem informações quanto às sequências de trabalhos, aos objectivos diários e globais, visando o comprometimento de toda a equipa na prossecução desses mesmos objectivos. Os elementos de uma dada equipa ao sentirem que o seu trabalho e esforço estão a contribuir para a melhoria e para os resultados do processo, sentem-se como parte integrante do mesmo, o que na prática estimula e promove a aplicação de todas as suas capacidades e aptidões intrínsecas.

A importância da comunicação de resultados é de extrema relevância, na medida em que amplifica a transparência do processo e por inerência a confiança entre os diversos níveis de gestão, servindo como serve elemento atenuante da resistência à mudança.

3.6.7. Produção celular e pessoas polivalentes

Esta ferramenta inerente à filosofia *lean* consiste na implementação de células de trabalho, em substituição da produção em linha (Pinto, 2009), permitindo produzir em pequenas e médias quantidades, estimulando o espírito de trabalho em equipa.

A aplicação prática desta ferramenta no âmbito deste trabalho reside na atribuição de uma inspecção programada a uma equipa dedicada e na polivalência de qualificações dos elementos que a integram.

A título de exemplo, e no âmbito desta dissertação, um mecânico pode estar qualificado para produzir acções de manutenção em vários níveis de “profundidade”: 1º escalão (Linha da Frente), 2º escalão (Pequenas e Grandes Inspecções de Célula e Motor) e 3º escalão (IRAN) e executá-las de acordo com os objectivos intrínsecos ao cumprimento da missão, na Doca de Trabalho respectiva.

3.6.8. Uniformização das instruções de trabalho (Standardized work instructions)

Uma das características com maior relevância no *lean thinking* reside na uniformização dos processos, ou seja, todos os intervenientes fazerem as tarefas do mesmo modo, pela mesma sequência de trabalho, utilizando as mesmas ferramentas e sabendo como intervir perante situações inopinadas.

A uniformização assenta em três elementos fundamentais:

- Tempo de ciclo (lead time) – tempo necessário para concluir cada etapa;
- Sequenciação da produção – optimização da sequência de trabalho;
- Nível WIP (work-in-progress) – quantidade de *stock* a fluir entre cada etapa do processo (ex.: uma aeronave em fase de desmontagem e outra de montagem, uma na pintura e outra em trabalhos estruturais).

As vantagens associadas são inúmeras, destacando-se o aumento da previsibilidade dos processos, a redução de desvios e custos associados e ainda a contribuição para o processo de melhoria contínua.

3.6.9. Gestão Total da Qualidade – TQM (Total Quality Management)

O TQM, como filosofia de gestão global, visa alcançar a Excelência da qualidade em todas as fases do processo. Apresenta como vantagens o facto de contribuir para a diminuição dos custos de produção, para a redução de stocks e de despesas relacionadas com não-conformidades e trabalhos de *rework*, o que possibilitará, no âmbito deste trabalho, a existência de um maior número de aeronaves disponíveis para cumprimento da missão.

3.6.10. Kanban

Kanban é uma palavra japonesa que significa cartão, etiqueta ou sinal e que representa uma ferramenta de gestão *lean* destinada ao controlo do fluxo de materiais, pessoas e informação com o intuito de garantir a fluidez dos processos e o funcionamento do sistema *pull*, através de elementos de gestão visual. É através de cartões que as etapas a montante recebem a autorização para iniciar a produção.

O *kanban* destina-se sobretudo à produção de pequenos lotes que são armazenados, por exemplo, caixas, e que ao longo de todas as movimentações integrantes do processo se fazem acompanhar por um cartão, do tipo representado na Figura 3.6, com as informações consideradas relevantes (ex.: Nomenclatura, *Part Number*, Quantidade,...).



<div> <div>manufactus</div> <div>Product Line 1</div> <div>KANBAN</div> </div>		<div>Control cycle / Regelkreisnummer</div> <div>0906928 - C1</div>
Supply source / Quelle	<div> <div>PWH-MSTK</div> <div>➔</div> <div>VERZ</div> </div>	
Material	Material description / Materialkurztext	
0906928	Bosch Polkern 1 263 104 811	
	Size / Menge	
	320*000	
	Base unit / Mengeneinheit	
	ST	
	Shipping unit / Transporteinheit	
	1 x 14 x	
	Printed / Gedruckt: 02.08.2008	Kanban ID: 0906928C110022

Figura 3.6 - Exemplo de aplicação do KANBAN

(Fonte: <http://www.manufactus.com/products/examples-for-kanban-cards/en/>,
acedido em 19/2/2013)

3.6.11. Diagrama causa-efeito

Este diagrama, comumente designado por diagrama *Ishikawa*²⁵, é uma das ferramentas com maior importância na implementação e desenvolvimento dos processos de melhoria contínua (ver Figura 3.7). Frequentemente recorre-se a este diagrama em acções de *brainstorming* dirigidas para a resolução de problemas, uma vez que permite identificar e analisar, com bastante detalhe as causas que poderão estar a contribuir, de forma positiva ou negativa, para uma determinada situação.

Conhecidas as principais causas que poderão afectar um problema, estas são agrupadas por categorias com vista à determinação e quantificação da influência das mesmas na resolução do mesmo.

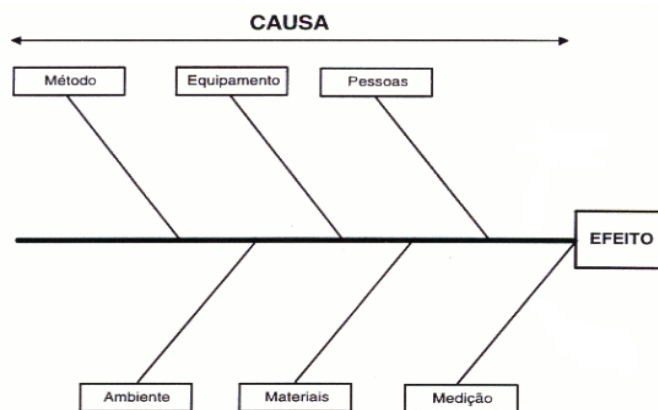


Figura 3.7 – Diagrama Causa-Efeito

(Fonte: <http://valeriagabassa.wordpress.com/2012/10/24/diagrama-de-causa-e-efeito-diagrama-de-ishikawa/>,
acedido em 19/2/2013)

²⁵ Kaoru Ishikawa, professor universitário japonês, engenheiro de referência na área da qualidade e criador do diagrama *Ishikawa* ou *Fishbone*

3.7. Benefícios do *lean*

Como já referido anteriormente, no Capítulo 3.1, a filosofia *lean* pode ser aplicada em empresas/organizações de áreas tão diversas como gestão aeronáutica militar, banca, seguradoras, hospitais, portos ou gestão aeroportuária.

Womack et al. (1996) apresentaram ao mundo exemplos de empresas japonesas, Europeias e Norte-Americanas que duplicaram os níveis de desempenho, reduzindo *stocks*, minimizando a ocorrência de erros e defeitos, enquanto aumentavam o nível de serviço.

Dos principais benefícios da implementação do *lean thinking*, e de acordo com a bibliografia em anexo, destacam-se:

- Aumento da produtividade;
- Redução de *stocks*;
- Redução de *lead times* e de TATs (*Turn-around-times*);
- Redução dos custos de *rework*;
- Satisfação das partes envolvidas nos processos (*stakeholders*);
- Incremento da qualidade dos produtos/serviços;
- Maior envolvimento, motivação e participação das pessoas;
- Redução de acidentes de trabalho;
- Diminuição do espaço necessário à concretização dos processos.

3.8. *Lean aircraft manufacturing*

De acordo com *Brown, S. (2003)*, o *lean manufacturing* aparece com o comprometimento de alcançar as exigências e os elevados padrões de qualidade, reduzindo simultaneamente os custos e os tempos de processo (*lead time*).

Estas virtudes, amplamente reconhecidas, conduziram à implementação do *lean thinking* no sector aeronáutico, primeiramente pelos fabricantes de motores (*General Electric* e *Pratt & Whitney*) e de aviónicos, ainda muito antes desta filosofia ter sido adoptada pelos denominados “*airframe makers*”, por exemplo *Boeing* e *Airbus* – (*Flight International*, 15 - 21 Set. 1999, p. 42).

Apesar de ter ocorrido algum criticismo e resistência iniciais quanto à aplicabilidade do *lean thinking* no sector aeronáutico, é hoje reconhecida a presença de consideráveis desperdícios nas inúmeras cadeias de valor existentes e que estão na origem do “*lean revolution*” que está em curso (*Brown, S., 2003*).

A empresa *Collins Aviation Services*, uma divisão da *Rockwell Collins*, uma das primeiras empresas do sector aeronáutico a adoptar o pensamento *lean*, conseguiu, logo no início da sua jornada, reduzir o *turnaround time* (TAT) nas suas acções de manutenção a rádios, radares e *displays* de 22 para 4 dias (Zwas, A., 2006, p. 54).

A adopção de práticas *lean* no fabrico e na manutenção de aeronaves para as Forças Aéreas dos E.U.A e do Reino Unido (RU) têm sido bastante evidentes. Nos E.U.A., a *Lockheed Martin Aeronautics* declarou, em 1999, que esse seria o ano do *lean* e desde então que está, consistentemente, a aplicar esta filosofia aos programas das aeronaves F-16, F-22, F-35 e C-130J.

No caso concreto da produção da aeronave C-130J, têm sido estratégicas e de suma importância a aplicação de *lean technics* para alcançar o objectivo de ter um preço médio de \$10 milhões/aeronave, de modo a incentivar e a estimular novas encomendas. *William Kessler*, da *Lockheed Martin Aerospace*, afirmou: "*We measure lean in cost savings*".

Por seu turno, o Reino Unido, através da *British Aerospace Systems* (BAE), que desempenha um papel crucial aos níveis da produção e sustentação dos programas *Eurofighter* e F-35 *Typhoon* (uma referência *world class* - Medalha de Bronze do "*The Shingo Prize*"²⁶ pela Excelência Operacional instalada), tem estado profundamente empenhado, desde 2004, na implementação de práticas *lean* como forma de criar valor, eliminando os desperdícios.

A BAE, nas instalações de *Samlesbury* (RU) iniciou a sua jornada *lean* em 2004, decidida a introduzir melhorias significativas na sua área de negócio. Deste caminho fazem parte a construção de novas instalações destinadas ao aumento e diversificação das capacidades de produção, bem como o desenvolvimento de condições para garantir e salvaguardar a permanência do conhecimento, das competências e da tecnologia na região. Todo o esforço e investimento aplicados permitiram, até 2009, alcançar os seguintes marcos, dignos de referência²⁷:

- Segurança – redução em 43% do número de acidentes (desde 2004);
- Qualidade – diminuição do número de reclamações em 88% (desde 2006);
- Custo – 76% de redução de custos em material com defeito (desde 2005);
- Entrega – diminuição de *jig stops* em 89% (desde 2005);
- Pessoal – diminuição em 93% no não cumprimento do tempo de trabalho

²⁶ "*The Shingo Prize for Operational Excellence*" é uma organização sem fins lucrativos, sediada na Universidade do Estado de Utah (E.U.A.), criada em homenagem ao engenheiro industrial japonês *Shigeo Shingo* que visa premiar as organizações que implementam princípios universalmente reconhecidos de Excelência operacional de melhoria contínua, in <http://www.shingoprize.org/the-shingo-prize.html>, acedido em 15/1/2013.

²⁷ in <http://www.shingoprize.org/files/recipients/bronze/09-BAESystems.pdf>, acedido em 15/1/2013).

Um exemplo deste comprometimento está, precisamente, nas instalações da BAE situadas em *Samlesbury* (RU), onde é efectuado o “*Stage I*” da montagem do *Eurofighter* – correspondente à fuselagem, estabilizadores verticais, *canards*, *inboard flaperons*, *cockpit* e que tem permitido um controlo de custos no programa.

Apesar de actualmente estarem a ser produzidos 34 *Eurofighters*/ano, a capacidade para a qual *Samlesbury* foi concebida, permitirá alcançar até 72 unidades/ano, com um *takt time* de 4,2 dias.

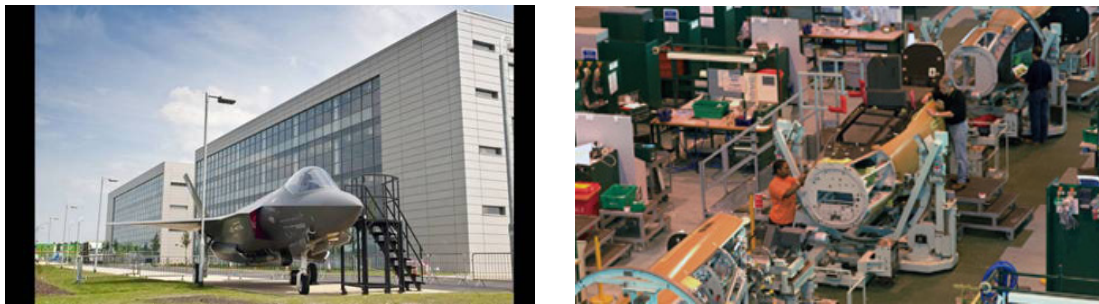


Figura 3.8 – Instalações da BAE (*Samlesbury*, UK)

(Fonte: <http://www.baesystems.com>, acedido em 19/1/2013)

Tomando como exemplo a *Boeing*, uma empresa de referência (*world class*) do sector aeronáutico civil e militar, a aposta na transformação *lean*, tem alcançado resultados muito proveitosos, focados na melhoria contínua da qualidade e na redução de custos através da eliminação de desperdícios.

O início da transformação de paradigmas ocorreu, quando a *Boeing* em 1990-1991 tomou a decisão de fazer deslocar uma equipa de executivos ao Japão para tomarem conhecimento das metodologias e ferramentas inerentes a esta filosofia (*just-in-time*, *error free production* e *fluxo contínuo*). Estavam dados os primeiros passos para a mudança de paradigmas que conduziriam à introdução da ferramenta 5S (em 1994), à realização de *kaizen events* (1995) e à implementação de linhas de montagem em movimento para os *Boeing 737* (2001) e 757 (2007) (*Trent, R., 2009*, p. 230).

A *Boeing* compreendeu que, para que estas e outras ferramentas produzissem os resultados pretendidos, era também necessário aplicá-las transversalmente a toda a empresa e também aos fornecedores, clientes, engenharia, projecto e produção (*Jenkins, M., Boeing Frontiers Online*, Agosto 2002), tendo sido feitas propostas muito ambiciosas nesse sentido, das quais se destacam (*Brown, S., 2003*):

- Incrementar a qualidade, à primeira passagem, para 90%;
- Implementar em todas as áreas da empresa métricas de aferição de desempenho;
- Desenvolver e implementar uma cultura de empresa que incentive os funcionários a proporem soluções que permitam, criar ainda mais valor, indo de encontro aos objectivos;
- Optimizar a cadeia de valor;
- Redução substancial dos custos da empresa.

Da mudança de paradigmas de gestão de operações fabris e de uma firme convicção de que o “*empowerment*” dos funcionários e que o “*buy-in*”²⁸ são os pilares mestres do *lean*, a Boeing destacou os seguintes resultados (Jenkins, M., *Boeing Frontiers Online*, Agosto 2002):

- Programa F/A-18E/F - Redução da percentagem de defeitos em 90% (1998-2003), alcançada com dois anos de avanço face ao previsto; antecipação dos prazos de entrega das aeronaves face ao previsto contratualmente; poupança de 1,5 milhões de horas de trabalho; o tempo de ciclo para alterações de engenharia reduzido de 35 para 6 dias; os custos de *rework* e de defeitos por aeronave caíram 60% e 75%, respectivamente; poupança de \$655.000/aeronave;
- Helicóptero Apache AH-64D - Desde 1998, a fase final de montagem (*Mesa, Arizona*) reduziu em 54% as horas de trabalho e incrementou em 218% a taxa de produção;
- Boeing 737 – Diminuição no tempo de produção em 30%, redução das movimentações de guindaste em 39%, redução de *stocks* em 42% e optimização do espaço necessário à montagem para 20.000 m², o número de dias associados à montagem final foi reduzido de 20 para 11 dias;
- Boeing 777²⁹ – Redução do tempo de montagem de 71 (1998) para 37 dias (2012);
- Programa JDAM³⁰ – Incremento na produção de cabos, para este *kit* de precisão para guiamento de bombas, de 30 cabos/semana para 90 cabos/dia; mais de 60% das decisões são tomadas colectivamente.

²⁸ Capacidade para promover nas pessoas a aceitação e o comprometimento com um determinado objectivo (ex.: processo de transformação *lean* numa empresa/organização).

²⁹ in <http://www.industryweek.com/process-improvement/lean-manufacturing-mindset-means-continuous-innovation-boeing>, acedido em 19/2013).

³⁰ *Joint Direct Attack Munition*

No seio da empresa e após o aparecimento da normal resistência à mudança, que ocorre neste tipo de processos, a *Boeing* teve ainda que lidar com um factor acrescido, o do receio de despedimentos. No entanto, este é mais um caso de sucesso na implementação de *lean practices*, provando que a optimização e as melhorias ocorridas não visavam a redução do número de trabalhadores, mas sim a criação de mais postos de trabalho em virtude do aumento da capacidade e da competitividade alcançada pela *Boeing* face aos seus concorrentes.

3.9. Lean aircraft maintenance

A implementação da filosofia *lean* na manutenção aeronáutica tem conduzido este sector a resultados operacionais encorajadores de melhoria contínua, com vista à eliminação de desperdícios nas actividades/processos que não acrescentam valor, o que segundo (*Kolanjiappan, S., 2011*) pode ser entendido, nesta área de negócio, como toda e qualquer aplicação redundante de recursos não geradores de valor, como por exemplo o “*over maintenance*”. Esta implementação tem contribuído para o alcance de melhorias muito significativas em termos da disponibilidade e do desempenho operacional das frotas.

A Figura 3.9 representa o resultado da optimização aplicada à sequência da inspecção de linha (manutenção de 1º escalão) à aeronave *Boeing 757*, com vista ao aumento de produtividade e à redução do tempo de imobilização da aeronave. Desta implementação resulta a redução de movimentos e consequentemente uma diminuição do tempo necessário à concretização da referida inspecção.

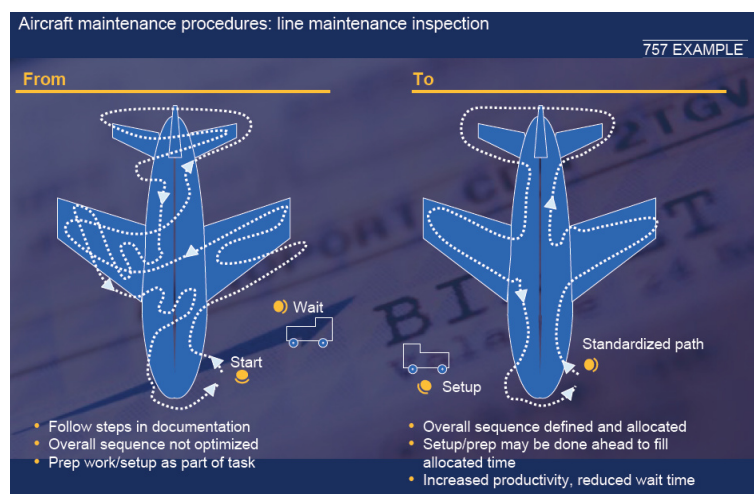


Figura 3.9 - Sequência otimizada para uma Inspeção de Linha – Boeing 757

(Fonte: http://www.leanuk.org/downloads/LSS_2004/WS_Corbett.pdf, acedido em 15/12/12)

3.9.1. Lufthansa Technik

A *Lufthansa Aviation Group* é uma das maiores companhias aéreas a nível mundial, compreendendo mais de 400 empresas e delegações, a operar em diversas áreas de negócio, tais como, transporte de passageiros e carga, manutenção, *catering* e *information technology services* (IT), da qual *Lufthansa Technik* (LHT) é parte integrante.

O processo de implementação de *lean thinking* na LHT teve início em Abril de 2007, impulsionado pelas “tempestuosas” condições que estavam a afectar o mercado germânico, nomeadamente:

- Ceticismo quanto a uma aliança com outra(s) companhia(s);
- Crise no sector financeiro;
- Relação Euro / Dólar elevada;
- Taxa de desemprego elevada.

Para concretizar este processo a *LHT Technik* contou com a colaboração da *Porsche Consulting GmbH*, uma subsidiária da *Porsche* que nasceu em 1994 com o objectivo de repensar e reorganizar todo o grupo, na difícil década de 1990 para o sector automóvel. O sucesso alcançado levou a *Porsche Consulting GmbH* a alargar os seus horizontes de intervenção, actuando no presente em áreas tão diversas como a indústria farmacêutica, banca, seguradoras, sector automóvel e aeronáutico.

Perante o lema “*Upgrade to Industry Leadership*”, os objectivos propostos residiram em alcançar a liderança no sector de negócios onde a LHT intervém através de uma abordagem holística para optimização de todo o sistema manutenção, tendo para tal recorrido à implementação de *lean practices* de forma transversal às áreas de produção de manutenção e administração, com o intuito:

- Identificar o fluxo exacto da cadeia de valor;
- Utilizar os recursos eficientemente;
- Alcançar a satisfação dos clientes e das demais partes envolvidas (*stakeholders*);
- Elevar a competitividade da empresa de forma sustentada.

A intervenção da equipa de consultores, reconhecidos pela implementação de soluções amplamente testadas na prática pela Porsche, permitiu à LHT, pela aplicação de *lean practices*, obter os resultados seguintes:

- Redução no tempo *overhaul* (IL2-Check) do Airbus A340 de 36 para 26 dias;
- Diminuição do tempo de *overhaul* de APU's (Auxiliary Power Unit) de 60 dias para um intervalo médio de tempo compreendido entre os 27 e os 31 dias;
- O trabalho em curso (*work-in-progress*) nas acções de manutenção programada de *fan blades* foi reduzido em 40%;
- Redução de 30% no TAT nos trabalhos de manutenção às superfícies de controlo de voo (*airfoils*).

A Figura 3.10 e a Figura 3.11 ilustram algumas das melhorias ocorridas no fluxo de produção na secção de *Turbine Blade Repair* (diagrama *spaghetti*), documentando também o resultado da implementação da ferramenta 6S.

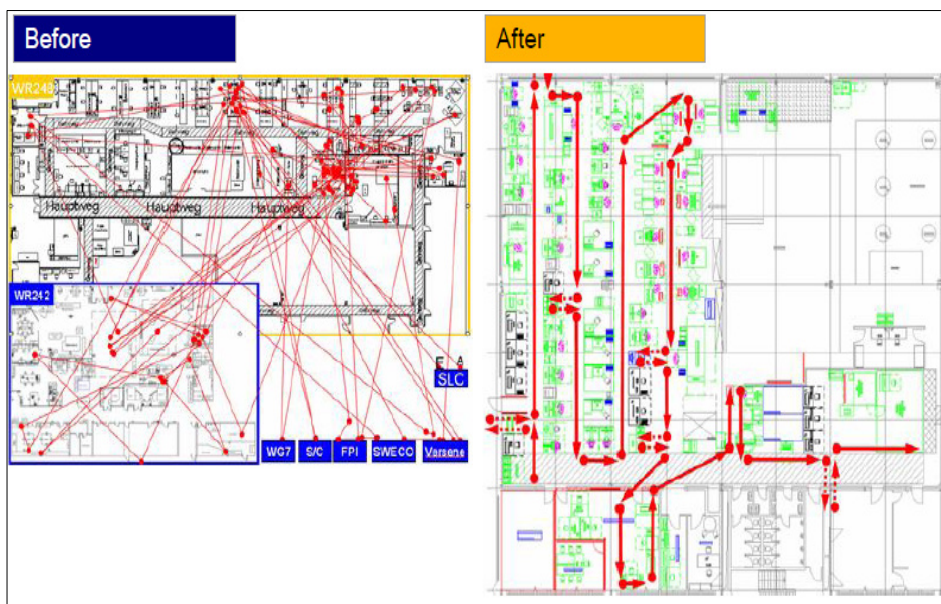


Figura 3.10 - Exemplos de melhorias nos processos (adaptado de Bjorn, 2008)

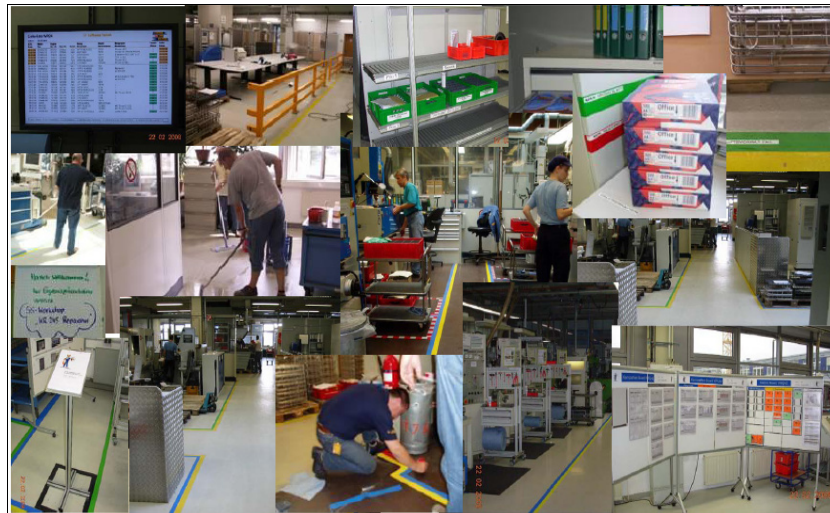


Figura 3.11 – Exemplos de aplicação da ferramenta 6S (adaptado de Bjorn, 2008)

Da experiência absorvida e vivenciada, a LHT identificou as três etapas do processo de transformação *lean* de acordo com o grau de penetração na organização (ver Figura 3.12).



Figura 3.12 - Grau de implementação *lean* vs tempo decorrido (adaptado de Bjorn, 2008)

Apesar de muitas empresas alcançarem resultados muito positivos no final do primeiro ano, após a introdução de *lean practices* nos seus processos, neste caso a transformação cultural ocorre apenas, depois de ultrapassadas as etapas do "Trying Lean" e do "Steering with Lean" e volvidos cerca de 4 anos, o que se afigura mais sensato.

No que diz respeito à relação entre o nível de sustentação do processo (factual e emocional) e a importância da intervenção da gestão de topo em momentos cruciais do processo, esta está representada na Figura 3.13.

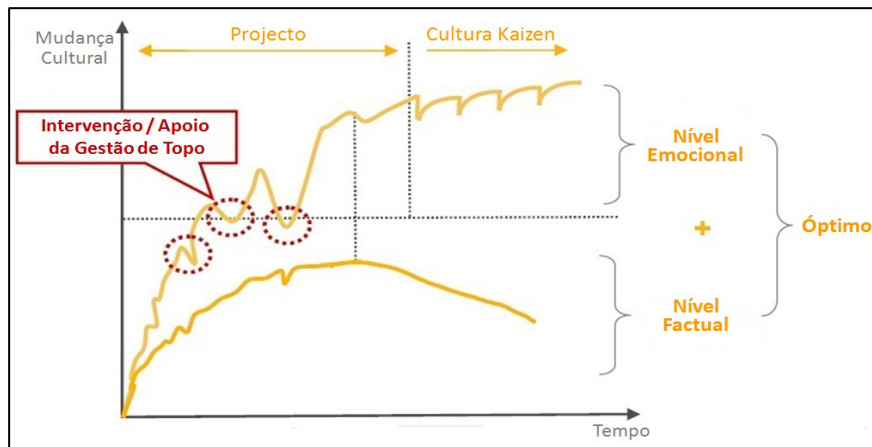


Figura 3.13 – Etapas de implementação da filosofia lean na manutenção da LHT (adaptado de Bjorn, 2008)

A Figura 3.13 pretende mostrar que o alcance do nível emocional impulsionará o processo de mudança cultural, tornando os resultados alcançados sustentáveis, o que também irá promover práticas intrínsecas e constantes de melhoria contínua.

Ciente dos desafios e do caminho de melhoria contínua que pretende percorrer, rumo à perfeição (zero desperdício), a *Lufthansa Technik* apostou na formação dos seus quadros, investindo no desenvolvimento e implantação da *Lufthansa Technik Lean Academy*, sediada em *Hamburgo* (Alemanha).

3.9.2. Manutenção de helicópteros Apache

Os helicópteros *Apache Mk1* estão actualmente a representar um papel fulcral, ao serviço das forças da paz no Afeganistão, como parte integrante da *Joint Helicopter Force*.

O crescente aumento no número de horas voadas na satisfação dos compromissos internacionais, bem como os requisitos operacionais da frota fazem com que cada um dos 67 helicópteros desta frota tenha que ser sujeitos a uma acção de manutenção programada profunda (*“depth maintenance”*) pelo menos uma vez por ano, em *Wattisham Airfield* (*Suffolk, RU*).

O início do processo de implementação de técnicas *lean*, teve início em 2006 e motivou a introdução do conceito de manutenção baseado no *pulse line*, que consistiu em dividir e nivelar (*heijunka*) os programas de manutenção em seis células de trabalho.

Todo o processo tem sido alvo de constante melhoria e refinamento, destacando-se as seguintes melhorias alcançadas:

- Diminuição do tempo de inspecção de 55 para 42 dias;
- *Takt time* – uma aeronave pronta a cada 7 dias;
- Constituição de equipas até 8 elementos e normalização da carga de trabalho;
- Rotação do pessoal das equipas, entre as seis docas;
- Redução de 240 para 133 Horas de trabalho na célula do *rotor-head*.



Figura 3.14 - Helicóptero Apache em manutenção (Wattisham Airfield)

(Fonte: <https://www.gov.uk/government/news/keeping-the-apache-ready-to-take-on-the-taliban>,
acedido em 10/2/2013)

3.9.3. “Black Hawk” Phase Maintenance

No ano de 2008, o elevado número (12) de helicópteros UH-60 *Black Hawk* a aguardar oportunidade de manutenção para a Inspeção de Fase (720HV) gerou o ímpeto para a intervenção *lean* no *Aviation Center Logistics Command/Army Fleet Support (ALCL/AFS)*, *Alabama, EUA*, dado o papel que esta frota representa nas capacidades operacionais de defesa e no transporte de tropas e de cargas suspensas.

Iniciado o processo pela realização de evento *kaizen*, a ALCL/AFS incorporou na sua actividade a filosofia *lean* na optimização das acções de manutenção programada, na gestão de cadeia logística e nos processos e metodologias de reparação e *overhaul* de componentes. Implementou também ferramentas de aferição do desempenho e redistribuiu a alocação de recursos humanos, tendo ainda introduzindo um conjunto de procedimentos para facilitar e melhorar a comunicação.

Com vista a dar cumprimento aos objectivos definidos apostou-se ainda em algumas melhorias com vista à optimização do fluxo de manutenção, objectivos esses que consistiram na aplicação da filosofia *lean* com vista à redução dos tempos de inspecção e à introdução de melhorias no respectivo fluxo, contribuindo para o aumento do rendimento das equipas de manutenção e da qualidade dos trabalhos realizados, através de:

- Normalização dos tempos das cartas de trabalho e dos tempos de inspecção para facilitar a sua análise face a eventuais desvios;
- Implementação de indicadores de aferição do desempenho;
- Aposta na formação *lean* para um número significativo de intervenientes;
- Constituição de *kits* de rotáveis que passaram a incluir o material de consumo necessário à montagem;
- Recolha, análise e tratamento dos registos das acções de manutenção que em que ocorreram atrasos;
- Identificação permanente de oportunidades de melhoria e divulgação de eventos (acções e projectos nesse âmbito);
- Resolução de problemas ao nível das docas de trabalho.

Desta intervenção *lean*, premiada com a *Bronze Medal do Shingo Prize* (2008)³¹, destacam-se os seguintes resultados:

- Diminuição dos tempos de inspecção de 50 para 18 dias, o que representa uma melhoria na eficiência de manutenção em 64%;
- Redução das deslocações das aeronaves em manutenção de 15 para 5 quilómetros;
- Aumento de 3 aeronaves intervencionadas (Outubro 2007) para 8 aeronaves (Outubro 2008);
- Diminuição do *TAT* de 70,7 dias (Janeiro 2006) para 38 dias (Novembro 2008);
- Objectivo futuro – realização da manutenção relativa a 720HV em 14 dias.

³¹ in <http://www.shingoprize.org/files/recipients/bronze/09-ACLC-AFSFtRuckerAL.pdf>, (acedido em 10/2/2013).



Figura 3.15 - Helicóptero UH-60 em manutenção (Fort Rucker, Alabama)

(Fonte: <http://www.spikawelding.com/index.php/ID/31fe1ea3/product/uh-60-black-hawk-phase-maintenance-system/fuseaction/departement.detail.htm>, acedido em 10/2/2013)

3.9.4. F/A-18 Hornet - Center Barrel Replacement Program – Military

O *Fleet Readiness Center Southeast (FRCS)*, sediado na *Florida (E.U.A.)* é responsável pela realização da manutenção de 3º Escalão (*depot ou overhaul*) em diversos Sistemas de Armas. Um desses sistemas é o *F/A-18 Hornet* operado pela *U.S. Navy* e pela *U.S. Marine Corps*, uma aeronave que desempenha um papel crucial na defesa aérea e que contribui para o elevado sucesso das diversas missões em que participa, nos diversos pontos do globo.

Uma das intervenções necessárias neste nível de manutenção de 3º escalão consiste no *Center Barrel Replacement Plus (CBR+)*, uma intervenção estrutural profunda que irá permitir estender o tempo de serviço das aeronaves por mais 70% (cerca de 14 anos) e que para ser executada implica a desmontagem quase total da aeronave.

A jornada *lean* neste programa teve início em 2003 com o objectivo de introduzir melhorias nos tempos de ciclo, na qualidade, no trabalho em curso e na redução de custos. No sentido de alcançar esses objectivos, identificam-se alguns momentos que permitiram a sua concretização:

- Definição clara dos objectivos a atingir;
- Alinhamento da visão estratégica com a cadeia de valor, em todos os patamares da *FRCS*;
- Implementação de indicadores específicos de análise de *performance* em todos os níveis da *FRCS*;
- Introdução da metodologia de produção celular;
- Reconhecimento de que todo o trabalho diário contribui directamente para o sucesso das missões militares, nos diversos pontos do globo onde esta frota opera.

O programa F/A-18 *Center Barrel Replacement Plus* (CBR+) é mais um exemplo de referência, tendo sido distinguido com a *Silver Medal* do *Shingo Prize* (2008)³², pelas surpreendentes melhorias que tem alcançado, nomeadamente:

- Melhoria de 77% no rendimento da manutenção, passando de 9 aeronaves intervencionadas em 2006 para 16 em 2007;
- Redução do tempo de ciclo de 413 dias (2006) para 274 dias (2007);
- Aumento da qualidade interna através da diminuição de defeitos em 48%;
- Diminuição do número de observações/relatórios dos clientes, por defeitos de qualidade, em 71%;
- Redução em 35% do número de aeronaves em *WIP*;
- Redução do número de horas.Homem em 46% (final de 2007);
- Diminuição em 20% dos custos por aeronave;
- Diminuição do número de acidentes de trabalho de 23 para 13, entre 2006 e 2007, o que representou uma redução no número de dias de trabalho perdidos de 13 para zero, respectivamente.



Figura 3.16 - F/A-18 Center Barrel Replacement (Jacksonville, EUA)

(Fonte: <http://www.navair.navy.mil/frcs/f18.html>, acedido em 10/2/2013)

Apresentado o pensamento *lean*, a sua evolução histórica, os seus princípios, os sectores de negócio onde está implantado, ferramentas, benefícios e ainda alguns exemplos da aeronáutica civil e militar que atestam os benefícios da sua adopção na criação de valor através da eliminação de desperdícios, o Capítulo 5 versará sobre a aplicação desta filosofia, no caso concreto da Força Aérea Portuguesa.

³² in <http://www.defenseindustrydaily.com/f18-hornets-keeping-em-flying-02816/>, acedido em 15/1/2013).

Capítulo 4 – *LEAN MANAGEMENT* NA FORÇA AÉREA

“É possível fazer mais com os mesmos recursos...”

(Mecânicos Doca 4, BA5)

A implementação da metodologia *lean* na Força Aérea Portuguesa, teve início em 2007, no programa de modernização de aeronaves F-16 MLU (*Mid Life Upgrade*) na denominada Doca 4 - Base Aérea n.º 5 (BA5) - Monte Real, com vista à recuperação do impacto provocado pelos desvios nas metas, superiormente, fixadas para o programa. Os consecutivos sucessos alcançados têm motivado a sua implementação em outras áreas da BA5, como também em outras frotas para além do Epsilon TB-30, nomeadamente no C-130 (BA6) e ALIII (BA11), os quais serão abordados ao longo deste capítulo. De salientar ainda que está, actualmente, em curso um programa de diagnóstico *lean* com vista à implementação desta filosofia à escala global na Força Aérea.

4.1. O Programa F-16 (*Mid-Life-Upgrade*)

A concretização por Portugal do programa MLU tem como principais objectivos o prolongamento do período de operação da frota F-16, a sua modernização e a introdução de melhorias concretizadas pela USAF e pelas restantes Forças Aéreas Europeias (*EPAF – European Participating Air Forces*).

Face às excepcionais características evidenciadas por esta aeronave e ao abrigo do programa *Peace Atlantis II*, Portugal recebeu 25 aeronaves F-16 A/B Bloco 15 OCU usadas e excedentárias da administração Americana. Destas, 20 destinavam-se a efectuar o programa de modernização MLU e as restantes cinco para reposição de peças.

Revelando-se economicamente mais vantajoso comparativamente com uma substituição por novas aeronaves F-16 C/D, este programa permite aumentar as capacidades actuais dos F-16 A/B para níveis capazes de rivalizar com as aeronaves mais modernas.

O programa MLU em Portugal divide-se em três áreas e compreende modificações estruturais da fuselagem e instalação de cablagens (aeronave), *upgrade* aos motores originais (Motor), modificação de componentes da aeronave e alteração de *cockpit*. O processo de modificação foi dividido em quatro Fases ou Docas (Figura 4.1):

Doca 1 - Inspeção e selecção das fuselagens das aeronaves a adquirir por Portugal no depósito de aeronaves pertencente ao Departamento de Defesa dos EUA (*AMARC, Tucson, Arizona*) - efectuada entre Março e Outubro de 1999;

Doca 2 - Realizada já em Portugal por pessoal da FAP, consistiu na desmontagem, teste e envio dos equipamentos para reparação. Para a primeira esquadra, estes trabalhos são realizados pelas OGMA;

Doca 3 - Efectuada na OGMA, consiste na realização de modificações estruturais, instalação e verificação de cablagens e instalação de tecnologia digital no cockpit;

Doca 4 - Realizada na BA5 por pessoal da FAP, consiste na montagem de componentes, superfícies de voo, canhões, *canopy* e execução dos testes finais, bem como o voo de experiência. Após este processo, a aeronave regressa em voo para a OGMA a fim de receber a pintura final.

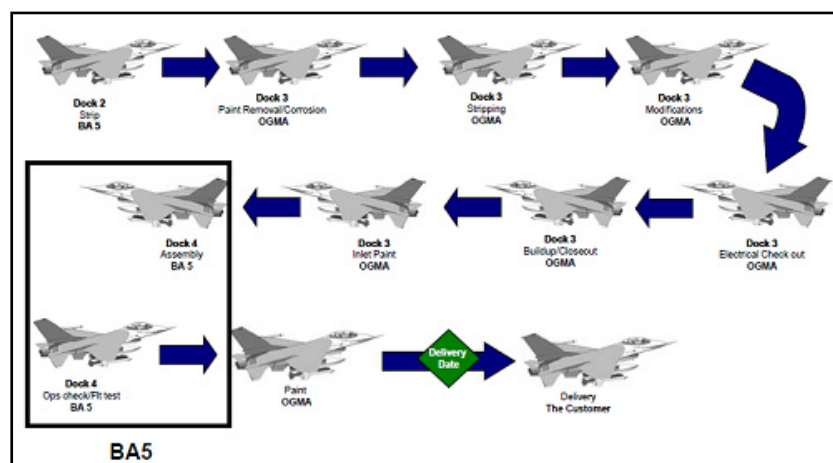


Figura 4.1 - Fases do processo de modernização da frota F-16 (cadeia de valor de alto nível)
(Fonte: DMSA)

4.2. Lean na modificação de aeronaves F-16 (Doca 4)

Devido a dificuldades iniciais, o processo que previa a totalidade das transformações até ao ano de 2010, o programa foi otimizado e revisto para metas mais realistas, procurando recuperar-se o atraso com vista à conclusão do programa até ao final de 2013.

Face aos desvios que estavam a ocorrer no programa, o coordenador do programa de modificação F-16 MLU (Tenente-Coronel Pedro Salvada), decidiu em 2007, propor a implementação do *lean thinking* na Doca 4, localizada na BA5. O objectivo actual de Portugal para o processo consiste na modificação das 40 aeronaves com uma capacidade de entrega nunca inferior a seis aeronaves por ano (nos primeiros cinco anos de produção a entrega nunca superou as duas aeronaves).

Através de um trabalho conjunto entre pessoal da FAP (engenharia, elementos da produção, chefia e gestão do programa) e de especialistas da USAF em *lean thinking*, realizou-se na BA5 um *kaizen blitz event* com a duração de três semanas, de modo a identificar um conjunto de áreas e tarefas que poderiam ser optimizadas, tendo em vista a redução do *takt time* do processo

A recolha desta informação, permitiu concluir sobre a situação e elaborar o mapeamento de fluxo da cadeia de valor do produto e a identificação dos conjuntos de tarefas, recursos humanos, constrangimentos e transportes inerentes ao processo, bem como os tempos associados.

Avaliada a situação, procedeu-se ao mapeamento da nova cadeia de valor, na qual foram eliminados os desperdícios e os constrangimentos possíveis. Neste âmbito todas as cartas de trabalho foram alvo de revisão, passando a ser discriminadas ao dia, o que permitiu que em cada dia se saiba quais as tarefas que têm que ser executadas e qual o material que vai ser necessário.

Como resultados práticos, foram criadas quatro células de trabalho, adaptadas à sequência lógica das tarefas a cumprir, as quais têm por objectivos, diminuir o tempo de produção na Doca 4 e possibilitar um melhor controlo do *takt time*.

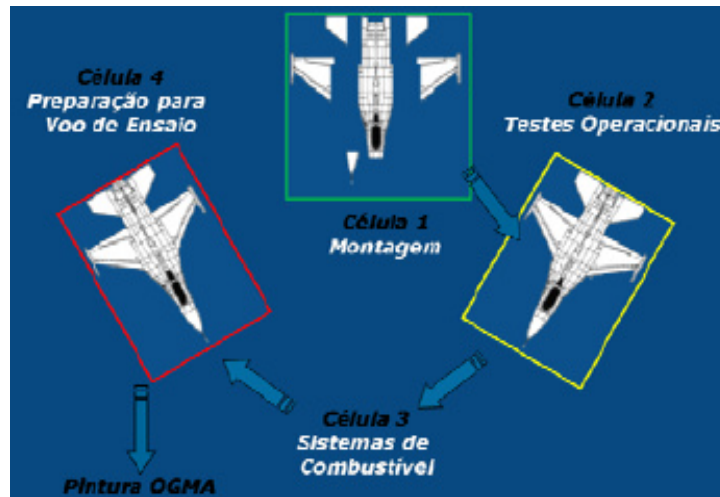


Figura 4.2 - Células de trabalho (Doca 4)
(Fonte: DMSA)

Da implementação das técnicas *lean*, destacam-se as seguintes melhorias no processo:

- Definição do *takt time* do processo – 50 dias; Tempo de ciclo – 100 dias;
- Divisão dos trabalhos da Doca 4 em quatro células, cada uma com a duração de 25 dias;
- Implementação de reuniões matinais diárias para avaliação do ponto de situação dos trabalhos;
- Nivelamento da carga de trabalho em cada célula e normalização da sequência de trabalhos para todas as aeronaves;
- Introdução do conceito de rotina, permitindo ganhar tempo através da economia de repetição;
- Utilização da ferramenta 6S para normalização do espaço de trabalho, de modo a permitir que os elementos comuns fiquem na mesma localização em todas as células;
- Alteração do procedimento logístico, passando o material a ser preparado ao dia e entregue no local onde é necessário;
- Implementação de painéis de gestão visual para controlo do processo através da indicação da percentagem de trabalho efectuado vs planeado (métricas de *performance*).

Até à implementação do *lean thinking*, a duração média dos trabalhos na Doca 4 era de 278 dias, tendo-se registado uma produção de seis aeronaves em quatro anos. Decorrente da introdução das técnicas *lean* os resultados obtidos na produção de cinco aeronaves foram francamente motivadores, traduzindo-se numa média de 115 dias, em 2008, e de 74 dias, em 2011 (Figura 4.3).

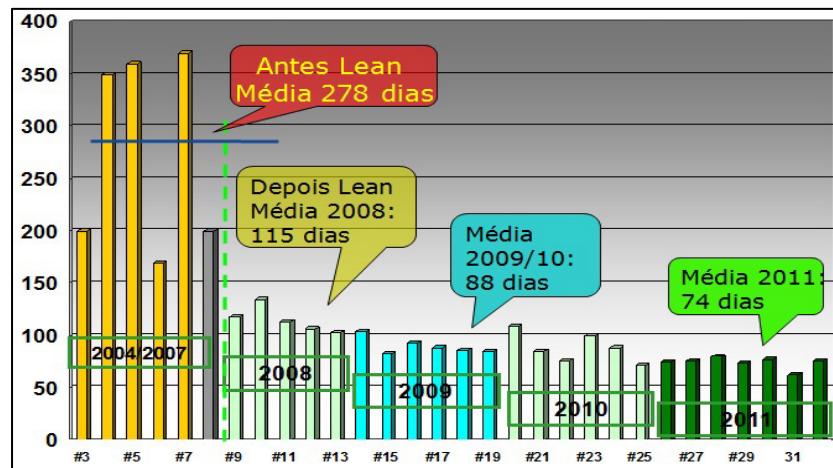


Figura 4.3 - Resultados dos trabalhos de modificação F-16 na Doca 4
(Fonte: TCor Salvada - DMSA)

4.3. Lean nas Inspeções de Fase (300HV) da aeronave F-16

Com o sucesso alcançado na implementação das *lean technics* na Doca 4, procedeu-se à expansão destas técnicas à manutenção do F-16, mais concretamente nas Inspeções de Fase, devido à elevada variabilidade dos tempos de imobilização e à difícil gestão na alocação de recursos para a execução das tarefas (ex.: várias equipas a trabalhar em na mesma zona da aeronave).

Entre 2005 e 2008, o tempo médio de imobilização das aeronaves era de 74 dias (MLU) e de 70 dias (OCU) e os trabalhos eram realizados em Doca Fixa. O número de aeronaves em inspecção de fase (*work-in-progress*) variava entre as duas e as cinco, no entanto, e em virtude da escassez de meios humanos e materiais, não era possível intervir, nas mesmas, em simultâneo.

Em 2009, procedeu-se à implementação da filosofia de gestão *lean* neste tipo de acções de manutenção programada, através da realização de um *kaizen event* que permitiu elaborar o mapeamento da cadeia de valor, a identificação de desperdícios e a construção da situação futura. Deste trabalho destacam-se as seguintes melhorias introduzidas:

- Definição de um *takt time* – 40 dias;
- Alocação em exclusividade de um hangar e divisão do espaço de trabalho em quatro células de trabalho;
- Organização do espaço de trabalho e implementação de ferramentas de gestão e controlo visual (6S);
- Preparação prévia do *kit* de material necessário à inspecção;
- Normalização e optimização dos pacotes de trabalho;
- Alocação de um elemento dedicado, em exclusivo, à coordenação dos trabalhos entre equipas.

Decorrente desta intervenção o tempo médio de imobilização das aeronaves (Figura 4.5) reduziu 50%, o que representou uma diminuição de 74 para uma média de 36 dias, em 2010.

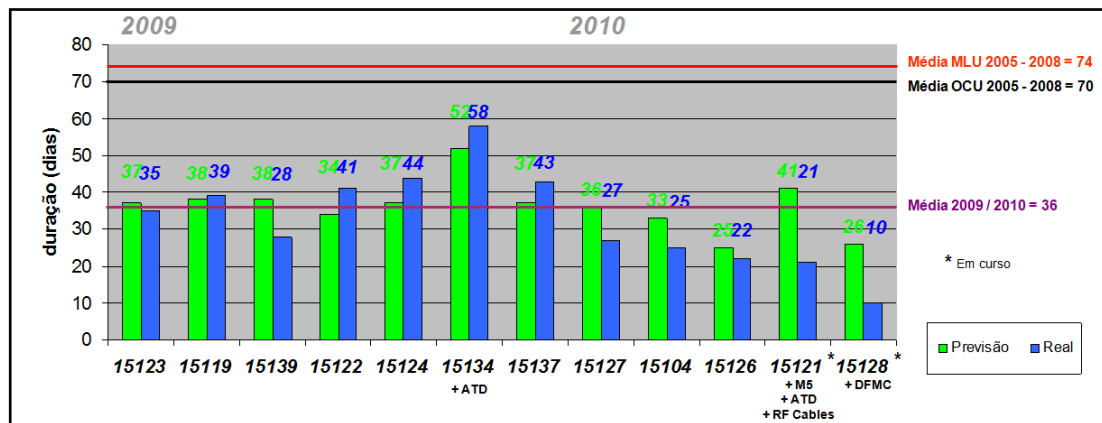


Figura 4.4 - Resultados obtidos nas Inspeções de Fase (300HV)
(Fonte: DMSA - TCor Salvada)

4.4. Lean na manutenção de equipamentos de apoio

A oportunidade de implementação do pensamento *lean* na manutenção de GSEs (*Ground Support Equipments*³³) surgiu na sequência de um evento de melhoria rápida, realizado na BA5, e que tinha como principal objectivo a introdução de melhorias e a optimização da geração de saídas da aeronave F-16.

Para se tornarem exequíveis e atingíveis os objectivos definidos, uma das aéreas que teria que ser intervencionada era a de Manutenção de GSEs, de forma diminuir os custos associados às suas inspecções e reparações e a aumentar a sua disponibilidade, uma vez que diversos sectores da manutenção F-16 dependem da sua operacionalidade para a execução de acções de manutenção.

³³ Equipamentos de apoio à actividade operacional (ex.: tractores de reboque de aeronaves, carros de nitrogénio líquido, compressores, testes hidráulicos).

Neste sentido, foi realizado, um Evento de Melhoria Rápida, onde foi aplicada a metodologia A3 – PDCA, tendo-se identificado que a disponibilidade operacional era de 67% e que 70% do trabalho realizado era dedicado a acções de manutenção curativa.

Segundo Menezes (2012), para inverter esta situação foi introduzido um conjunto de melhorias, das quais se destacam:

- Implementação da ferramenta 6S (arrumação, limpeza, organização do local de trabalho e criação de quadros para controlo das acções de manutenção, do *status* operacional e da localização de cada GSE);
- Implementação de duas células de trabalho, uma dedicada à execução de inspecções/reparações e outra, afecta à coordenação, recolha e distribuição de GSEs;
- Criação e implementação do livro de manutenção para cada GSE;
- Aposta na manutenção preventiva.

Através da implementação e validação das oportunidades de melhoria identificadas, foi alcançado um aumento de 20% na disponibilidade de GSEs em dois meses (Figura 4.5):

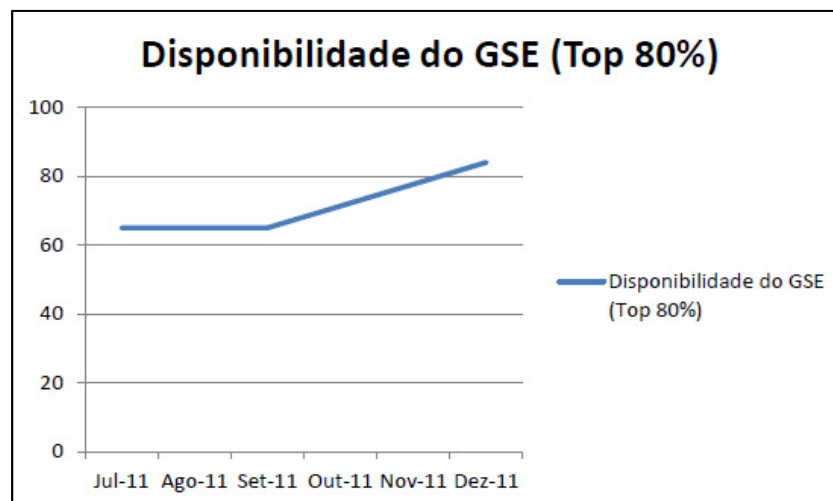


Figura 4.5 - Evolução operacional da disponibilidade de GSEs

(Fonte: Menezes, 2011)

4.5. Lean na cadeia logística da aeronave F-16

Na senda do sucesso alcançado com a aplicação de *lean practices* e à semelhança do que acontece na área de manutenção, também a cadeia logística deve estar organizada e otimizada, de forma a permitir o menor tempo de imobilização das aeronaves em condições não operacionais (Salvada, 2012).

A “*procura incessante da eliminação de desperdícios e contínua adição de valor*” (Salvada, 2012) conduziu a Força Aérea, em 2010, ao desenvolvimento e implementação desta metodologia de gestão à cadeia de abastecimento e reparação de material do F-16, com os seguintes objectivos:

- Garantir a entrega do material no tempo certo;
- Agilizar o fluxo logístico do material;
- Reduzir em 50% o *lead time* entre a elaboração da requisição de material e a sua satisfação;
- Alcançar uma poupança de 1,5 milhões de Euros.

Definidas que estavam as metas a alcançar, avançou-se para a realização de Eventos de Melhoria Rápida que proporcionaram um conjunto de aprendizagens conducentes à identificação dos desperdícios e das oportunidades de melhoria existentes, bem como permitiram elaborar o mapeamento da situação actual da cadeia logística e construir a situação futura optimizada, desafiando os paradigmas da logística tradicional em prol dos conceitos da logística *lean* (Figura 4.6):

Logística Tradicional	Logística Lean
Características	
Grande inventário	Pequeno inventário
Lento	Rápido
Incerteza no transporte	Entrega fiável
Reparações em lotes	Fluxo óptimo de reparação
Processo estático	Melhoria contínua
Custo elevado	Investimento reduzido
Processo Base	
Grande investimento de capital	Manutenção lean em 2 níveis
Grande stock em tempo paz	Pequenos stocks dedicados
Elevada disponibilidade sobressalentes	Apoio orientado para a missão
Princípio	
Grande inventário determina infra-estrutura	Inovação simplifica infra-estrutura

Figura 4.6 - Logística tradicional vs Logística *lean*

(Fonte: Salvada, 2012)

Segundo Salvada (2012), os principais constrangimentos identificados tinham origem no excesso de inventário com baixa rotação de *stocks*, no processo de aquisição de material baseado em históricos de consumo e previsões com pouca precisão, na existência de falhas no processo de comunicação e nos tempos de transporte elevados (passagem de material pelo armazém central da Força Aérea antes de ser entregue na BA5).

Identificadas as metas, conhecido o fluxo de material, definido e implementado o plano de acção que passou por estabelecer uma ligação directa entre fornecedor-BA5, pela eliminação de *stocks* de bancada intermédios, pela criação de *kanbans* para o *top twenty* das avarias e pela reorganização do armazém da BA5 em função da frequência de consumo. Os objectivos alcançados são realmente encorajadores e motivadores, realçando-se:

- Criação de 10 *kanbans*, representando 80% da procura;
- Redução de 44% nos meios humanos envolvidos no processo;
- Redução no inventário no valor de 14,7 milhões de Euros;
- Redução em 79% no *lead time* da satisfação de requisições;
- Redução no custo de aquisição de consumíveis em 56%.

4.6. Lean na manutenção de aeronaves C-130 e Alouette III

Os resultados alcançados na BA5 conduziram à aplicação desta filosofia de gestão à frota C-130, no ano de 2010. O objectivo residia em aumentar a taxa de prontidão, através da diminuição do tempo de imobilização, proporcionando uma maior disponibilidade do hangar da manutenção.

O processo de implementação consistiu na realização do mapeamento da cadeia de valor, alteração e construção dos quatro *packs* de inspecções e definição de um *takt time* de 24 dias, estratégias estas que proporcionaram uma redução de 40% nos tempos das acções de manutenção intermédia.

Um outro caso de implementação de *lean practices* consistiu na intervenção levada a cabo nas acções de manutenção programada da frota de helicópteros Alouette III (ALIII). A razão para a acção teve origem no considerável número de aeronaves que ficava a aguardar a finalização dos trabalhos de manutenção devido a falta de material, o que gerava um aumento dos tempos de imobilização/inspecção e, consequentemente, uma diminuição no número de aeronaves em condições operacionais.

Neste âmbito, procedeu-se à realização do mapeamento da situação actual e futura, à definição de um *takt time* para o cumprimento das inspecções, à optimização das sequências de trabalho e à aplicação da ferramenta 6S na reorganização das áreas de trabalho, tendo-se obtido, desta intervenção, uma diminuição em cerca de 40% nos tempos de imobilização.

Apresentada a situação actual da frota Epsilon (Capítulo 2), explanados os princípios e ferramentas do pensamento *lean* e apresentados alguns exemplos *world class* da sua aplicação no sector da aeronáutica civil e militar em geral (Capítulo 3) e na Força Aérea Portuguesa em particular (Capítulo 4), o Capítulo 5 abordará em detalhe a implementação do *lean thinking* nas acções de manutenção programada P1 e P2 da aeronave Epsilon.

Capítulo 5 – LEAN MAINTENANCE NAS INSPECÇÕES P1 E P2

“We must become the change we want to see.”

(Charles Darwin)

A existência da oportunidade de melhoria para a optimização das inspecções P1 (250HV) e P2 (500HV), com vista à diminuição dos tempos de imobilização das aeronaves, e a possibilidade de concretizar a implementação da filosofia de manutenção *lean* à totalidade dos programas de manutenção da frota Epsilon, são factores que fizeram “*descolar*” o autor e a MNT101 rumo a este projecto.

A descrição e a análise do processo de implementação da filosofia *lean* nas inspecções P1 e P2, da aeronave Epsilon TB-30, são apresentadas ao longo do presente capítulo.

5.1. Implementação de *lean maintenance* nas inspecções P1 e P2

O processo de transformação e implementação de *lean management* assenta fundamentalmente no respeito pelas pessoas, nas capacidades de liderança e de “*buy-in*”, na optimização do fluxo dos processos e na aposta na melhoria contínua, com o objectivo de criar valor através da eliminação de desperdícios. O fluxo do processo e as etapas de implementação das técnicas *lean* na realização das acções de manutenção P1 e P2 estão representados no fluxograma da Figura 5.1.

Na opinião do autor, este processo é constituído por sete etapas, as quais se passam a apresentar:

1. Identificação da razão para a acção;
2. Pesquisa de dados para preparação do evento de melhoria rápida;
3. Preparação do evento;
4. Evento de melhoria rápida;
5. Definição do plano de acção (ainda que seja parte integrante do EMR, pela importância fulcral que desempenha no processo é considerada para efeitos de fluxograma como sendo a etapa subsequente ao EMR);
6. Implementação do plano de acção;
7. Análise de resultados.

Esta metodologia segue a prática em vigor na Força Aérea para a implementação da metodologia *lean* descrita no “*Manual Tático de implementação de Lean Management na Força Aérea Portuguesa*” (Ribeiro, 2012).

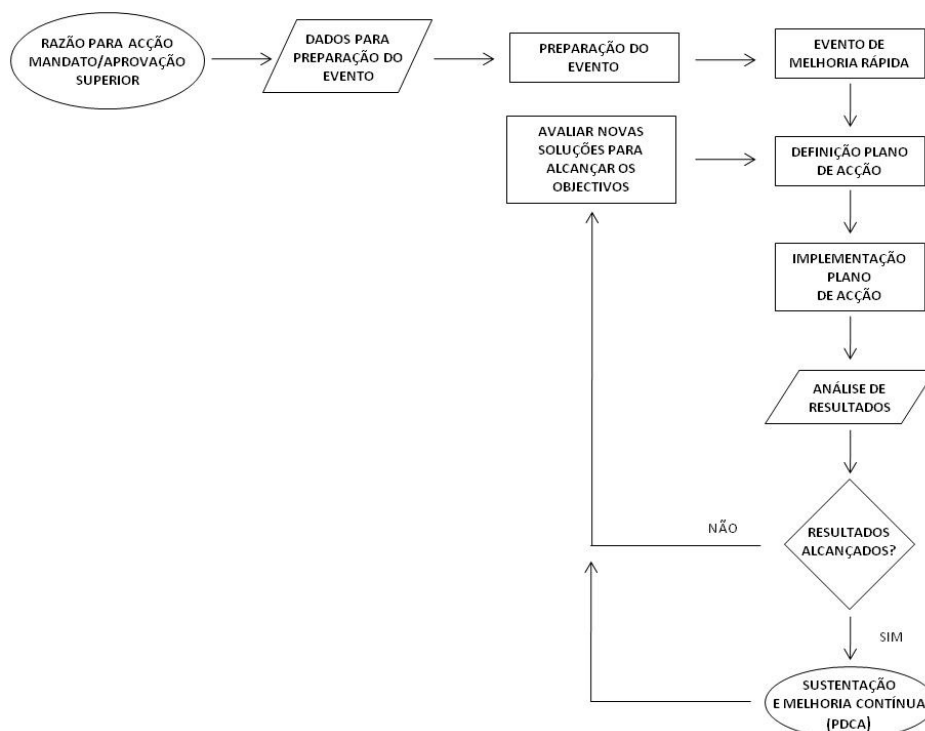


Figura 5.1 - Fluxograma do processo de implementação *lean* nas inspecções P1 e P2

Para se dar início ao processo de implementação do pensamento *lean* nas inspecções P1 e P2, começou-se em primeiro lugar pela definição da razão para a acção, pela obtenção da aprovação superior e pela constituição da equipa (ver Tabela 5.1).

Obtidas as devidas autorizações, junto do Chefe de Estado-Maior da Força Aérea (CEMFA), para a abordagem à temática *lean* do ponto de vista da Força Aérea, no âmbito desta dissertação, procedeu-se à nomeação da equipa responsável pela coordenação da implementação da metodologia *lean* (ver Figura 5.2) nas inspecções supra citadas, a qual foi superiormente aprovada, sendo também parte integrante da mesma o Oficial de Manutenção da Esquadra 101 e o Gestor de Frota Epsilon (também designado por Gestor do Sistema de Armas - GSA).

No seguimento desta etapa, de crucial importância para a criação de condições efectivas para a validação e para a continuidade de todo o processo, procedeu-se à recolha dos dados necessários à realização de uma análise completa e detalhada do histórico das inspecções P1 e P2 (ver Tabela 5.1, Figura 5.2 e Tabela 5.2, nas páginas seguintes).

Tabela 5.1 – Razão para a Acção / Mandato Superior / Constituição da Equipa

RAZÃO PARA ACÇÃO / MANDATO SUPERIOR / CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA	
- <u>Razão para acção</u>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Identificação da razão para a acção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Dar continuidade à implementação da filosofia <i>lean</i> nas acções de manutenção programadas P1 e P2, visando a optimização das sequências de trabalho e dos recursos humanos e materiais alocados, bem como a diminuição dos tempos de inspecção; · Sequências de trabalho das inspecções P1 e P2 não optimizadas; · Necessidade de identificar a melhor sequência de trabalho; · Inexistência de um <i>takt time</i> definido para a realização dos trabalhos de manutenção; · Inexistência de elementos de gestão visual para análise e controlo das métricas de desempenho; · Necessidade de avaliar e optimizar a sequência de cartas de trabalho no IPA.
- <u>Mandato / Aprovação superior</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Mandato ou aprovação superior para concretização da intervenção <i>lean</i> com vista à resolução do problema; - O mandato ou aprovação superior é uma forma para se alcançar o comprometimento desde a gestão de topo até ao nível de execução (equipa de trabalho) para que, através da autoridade investida, seja possível implementar as mudanças necessárias; - O sucesso da transformação <i>lean</i> depende, intrinsecamente, do comprometimento da gestão de topo e do alinhamento estratégico de toda a cadeia de comando.
- <u>Constituição da equipa</u>	<ul style="list-style-type: none"> - A constituição da equipa, efectuada por sob proposta e mediante aprovação superior, foi constituída pelos elementos constantes na Figura 5.2, bem como pelo Oficial de Manutenção da Esquadra e pelo Gestor da Frota Epsilon.



Figura 5.2 – Equipe responsável pela coordenação da implementação da metodologia *lean* nas inspeções P1 e P2

Tabela 5.2 – Dados para a preparação do Evento de Melhoria Rápida

DADOS PARA PREPARAÇÃO DO EVENTO – SIAGFA	
<ul style="list-style-type: none"> - <u>SIAGFA_MGM</u>: Resumo de Obras Fechadas 01OUT09 - > 31DEZ12 (Anexo D) 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos tempos de imobilização/tipo de inspeção; - Contabilização do n.º de situações MI após MP ou n.º de voos experiência após MP; - Contabilização do n.º de avarias oriundas.
<ul style="list-style-type: none"> - <u>SIAGFA_MGM</u>: Resumo da Situação Operacional com Histórico 01OUT09 - > 31DEZ12 (Anexo E) 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos tempos de imobilização/tipo de inspeção; - Contabilização do n.º de situações MI após MP ou n.º de voos de experiência após inspeção; - Cruzamento de dados entre a situação operacional e o resumo de obras fechadas para validação dos tempos de inspeção.
<ul style="list-style-type: none"> - <u>SIAGFA_Material</u>: Consulta por NNA ou <i>Part-Number</i> (Capítulo 1Anexo F) 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação do custo unitário de cada item constituinte do <i>kit</i> de inspeção; - Cálculo do custo total do material/tipo de inspeção.

Esta pesquisa que teve por base a informação constante no Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea – SIAGFA, mais concretamente nos Módulos de Manutenção (SIAGFA_MGM) e de Material (SIAGFA_Material), permitiu recolher dados relativos a 29 Grandes Inspeções (17 P1's e 12 P2's) realizadas no período compreendido entre 01 de Outubro de 2009 e 31 de Dezembro de 2012. Foi identificado também o custo unitário dos itens que compõe os *kits* de inspecção (ver Anexo F) para contabilização, ao nível do material, do custo de cada uma das acções de manutenção programada.

Com estes dados passou-se à preparação do evento. Para esta preparação, da qual fizeram parte integrante a realização duas reuniões preparatórias que tiveram lugar na Direcção de Manutenção de Sistemas de Armas (DMSA) e na BA1, respectivamente. Existem alguns aspectos a ter linha de conta, tais como a identificação/validação dos propósitos do evento, a definição dos objectivos e das matérias que estariam abrangidas ou não no âmbito da intervenção, a fim de se evitarem desvios no decorrer do processo, estando estes expressos na Tabela 5.3.

No que diz respeito à reunião decorrida na BA1, contou, para além da equipa de facilitadores *lean*, com a presença dos chefes das áreas funcionais e dos chefes das equipas de electromecânicos e electroaviónicos, sendo de salientar os seguintes momentos: a avaliação de expectativas, problemas, ideias de melhoria e constrangimentos (ver Figura 5.3); a identificação/validação da razão para a acção e melhorias a alcançar ao nível da entrega, dos custos, da qualidade e da motivação (ver Figura 5.4); a definição dos temas que fariam parte do âmbito, que estariam na fronteira e de fora do EMR (ver Figura 5.5); a constituição da equipa que iria participar no EMR e a definição das acções a tomar até ao início do mesmo.

Tabela 5.3 – Preparação do Evento de Melhoria Rápida

PREPARAÇÃO DO EVENTO	
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Reunião DMSA (OUT12)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Participantes:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Facilitadores <i>lean</i> + GSA + Miguel Carneiro; - <u>Identificação/validação do propósito para evento <i>lean</i>:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Aplicação de <i>lean maintenance</i> às inspecções P1 e P2, visando a redução dos tempos de imobilização das aeronaves e a optimização de recursos; - <u>Âmbito da Intervenção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Inspecções P1 e P2 (e respectivas combinações com as inspecções ao motor); · Material (gestão e fornecimento); · Áreas/especialidades intervenientes (Electromecânicos, Electroaviónicos, Equipamentos de Voo e Sobrevivência, Ensaaios Não Destrutivos); · Hangar (auditoria 6S; intervir se necessário); · Cartas de trabalho/IPA (rever aplicabilidade e optimizar sequências de inspecção). - <u>Fora do âmbito da intervenção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Segurança de voo; · Circuito de material; · Acções de manutenção inopinadas; - <u>Objectivos para a intervenção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · <u>Duração:</u> Diminuição em cerca de 50% no tempo de imobilização das aeronaves; · <u>Custo:</u> Redução do custo de material em cerca de 30%; · <u>Qualidade:</u> Quantificar n.º de situações MI e de n.º de voos experiência após completamento da inspecção programada; · <u>Pessoal:</u> Avaliar a frequência da necessidade de trabalho extraordinário; quantificar n.º de acidentes/incidentes de trabalho.

Tabela 5.3 – Preparação do Evento de Melhoria Rápida (continuação)

PREPARAÇÃO DO EVENTO	
- <u>Reunião BA1 (OUT12)</u>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Participantes:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Facilitadores <i>lean</i> + GSA + OFM + chefes de áreas funcionais (2) + chefes de equipa (2) + Miguel Carneiro; - <u>Apresentação do evento e dos participantes:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Apresentação dos facilitadores e da equipa da MNT101; · Definição da Equipa para participação no Evento; - <u>Avaliação de expectativas, problemas, ideias de melhoria e constrangimentos</u> (Figura 5.3); - <u>Identificação/validação da Razão para a Acção</u> (Figura 5.4) - <u>Âmbito do evento:</u> (Figura 5.5) <ul style="list-style-type: none"> · Inspeção P2 + VCM (esta é a combinação de inspecção mais completa; as restantes combinações resultam da remoção de cartas de trabalho/tarefas ao pacote de inspecção mais completo); · Definição de tarefas por especialidades; · Rever constituição dos <i>kits</i> de material; · Constituição do <i>kit</i> rotável (rotável + material de consumo necessário à sua instalação); · Gestão de material rotável; · Hangar (auditoria 6S; intervir se necessário); - <u>Fronteira do evento:</u> (Figura 5.5) <ul style="list-style-type: none"> · Capacidade de manutenção de 1º escalão; · Entrega de material na BA1; - <u>Fora do âmbito do evento:</u> (Figura 5.5) <ul style="list-style-type: none"> · Segurança de voo; · Outras frotas intervencionadas pela MNT101 (Chipmunk, Planadores e DO-27); · Acções de manutenção inopinadas; · IRANs; · Geração de saídas; - <u>Identificação dos participantes para o Evento de Melhoria Rápida e das acções a realizar até ao evento.</u>

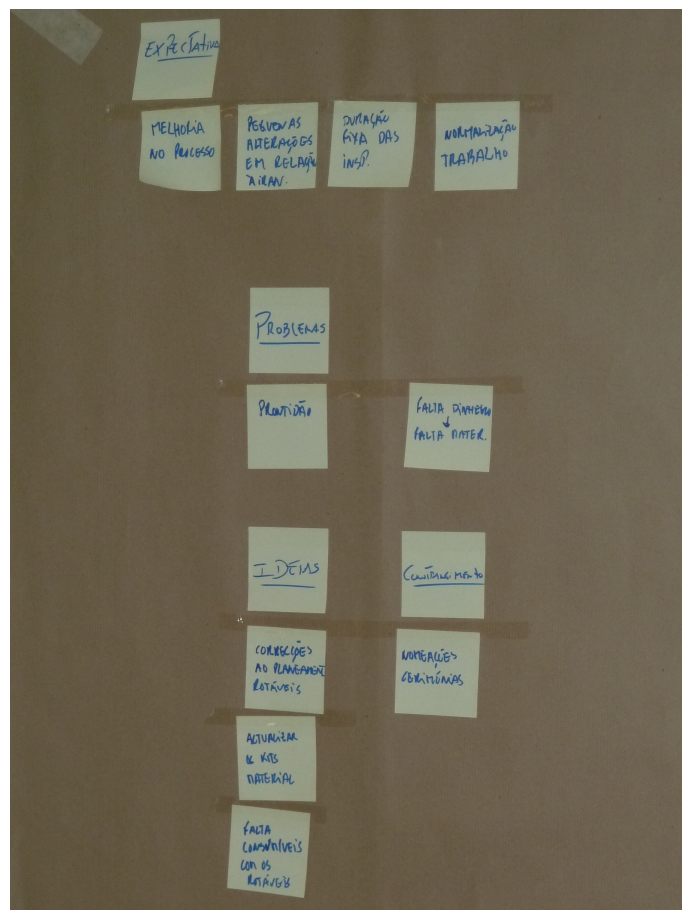


Figura 5.3 - Avaliação de expectativas, problemas, ideias de melhoria e constrangimentos

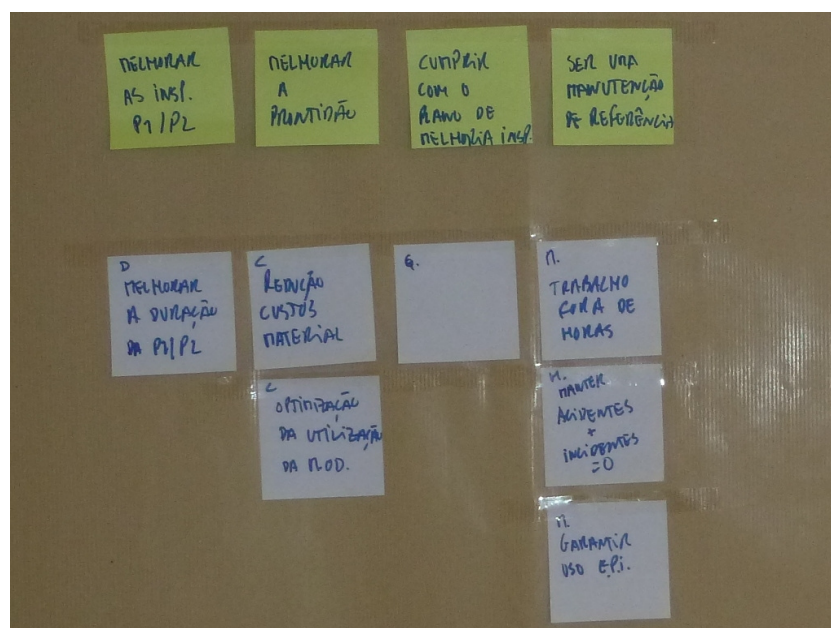


Figura 5.4 – Razão para a acção e melhorias a alcançar ao nível da entrega, custos, qualidade e motivação

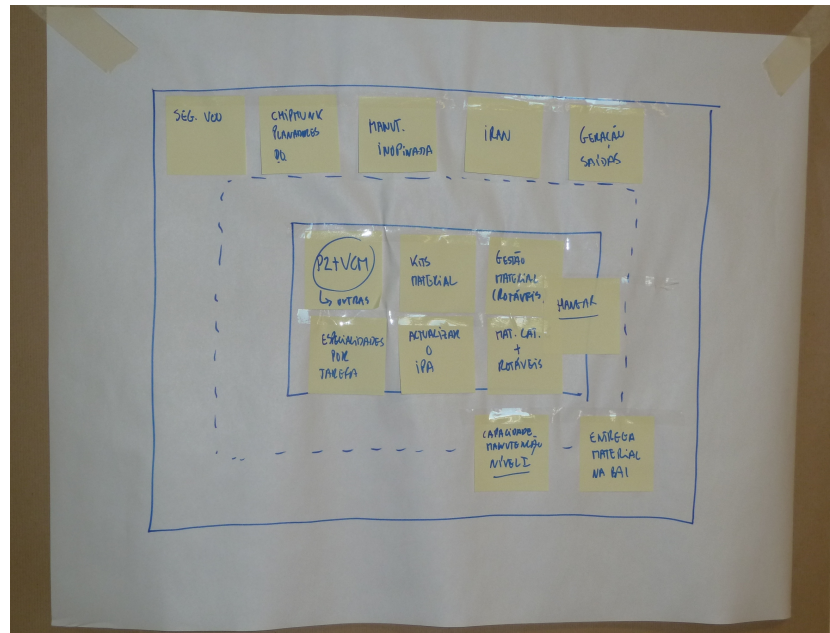


Figura 5.5 – Definição dos itens que fazem parte do âmbito, que estão na fronteira e de fora do EMR

Concluída a preparação deu-se início à realização do EMR que decorreu na BA1, entre os dias 05 e 07 de Novembro de 2012, segundo a metodologia A3-PDCA (ver Anexo F), anteriormente apresentada no sub-capítulo 3.6.3.

Na opinião do autor o EMR dividiu-se em cinco momentos de acção, os quais são descritos da Tabela 5.4 até à Tabela 5.10.

Tabela 5.4 – Evento de Melhoria Rápida

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO I		
- <u>Apresentação dos participantes</u>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>DMSA</u>: <ul style="list-style-type: none"> · 1_REP - Equipa de facilitadores <i>lean</i> (3) · 4_REP – GSA (1) - <u>MNT101</u>: <ul style="list-style-type: none"> · OFM (1), Chefes das áreas funcionais (2), EM (3), EA (3), EQVS (1), NDI (1), Logística/<i>outsiders</i> (2) - Miguel Carneiro 	<ul style="list-style-type: none"> - A apresentação dos participantes teve início pela equipa de facilitadores <i>lean</i>, seguida da equipa da MNT101; - Os facilitadores <i>lean</i>, para além da apresentação pessoal e das funções desempenhadas, referiram a sua experiência e os resultados alcançados na implementação desta filosofia em outras frotas; - Esta ordem de apresentações, na opinião do autor, é um modo para que a equipa que vai ser liderada, sinta e reconheça competência aos facilitadores externos para a condução do evento.
- <u>Briefing sobre a filosofia <i>lean</i></u>	<ul style="list-style-type: none"> - Introdução à temática <i>lean</i>; - Conceito de valor e desperdício; - Definição de gestão <i>lean</i>; - Cinco princípios <i>lean</i>; - Apresentação de exemplos de aplicação <i>lean</i> na frota F-16 e resultados alcançados; - Apresentação das melhorias introduzidas e dos resultados alcançados na frota Epsilon (IRANs e Pequenas Inspeções). 	<ul style="list-style-type: none"> - Em virtude da participação da equipa da MNT101 no processo de implementação das técnicas <i>lean</i> em 2010, bem como pela sua familiarização e experiência anterior com esta filosofia, o <i>briefing</i> teve como principal objectivo proporcionar apenas um refrescamento quanto aos conceitos e princípios desta temática; - A apresentação dos resultados alcançados, na opinião do autor, é uma forma de transmitir confiança aos participantes nas oportunidades de melhoria que existem nos processos.
- <u>Razão para acção e estado inicial</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação (Miguel Carneiro): <ul style="list-style-type: none"> · Quadro 1 - Razão para a Acção (Figura 5.7); · Quadro 2 - Estado inicial inspecções P1 e P2 (Figura 5.8). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>No Quadro 2, o custo das inspecções foi calculado com base em:</u> <ul style="list-style-type: none"> · MOD para inspecções P1 e P2, acrescido da média de mão-de-obra das inspecções ao motor (Tabela 5.5); · Material para as inspecções P1 e P2, acrescido da média do custo do material das inspecções ao Motor (Tabela 5.6).

Tabela 5.4 – Evento de Melhoria Rápida (continuação)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO I		
- <u>Agenda do evento</u>	- Definição da agenda do evento.	- Definição e afixação da agenda e horário do evento (Figura 5.6).
- <u>Objectivos e análise de lacunas</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Definição dos objectivos a alcançar com a intervenção <i>lean</i> e identificação dos factores que estão a afectar o n.º de aeronaves prontas: <ul style="list-style-type: none"> - Quadro 3 - Objectivos (Figura 5.9); - Quadro 4 – Análise de Problemas (Figura 5.10). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Quadro 3 – Objectivos:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Diminuição do tempo das inspecções P1 e P2 em cerca de 25%; · Redução do custo de material em cerca de 30%; · N.º avarias após as inspecções programadas ≈ 0; · Elevar a motivação/satisfação do pessoal, através da análise e implementação de soluções que visem focar os mecânicos nas actividades de manutenção. - <u>Quadro 4 – Análise de Problemas (diagrama causa-efeito):</u> <ul style="list-style-type: none"> · Identificação dos factores que afectam o n.º de aeronaves prontas, priorizando, os seis principais, por ordem crescente.
- <u>Abordagem à solução</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação das soluções que visam eliminar os seis principais factores que condicionam o N.º de aeronaves prontas: <ul style="list-style-type: none"> - Quadro 5 – Abordagem à Solução (Figura 5.11). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Quadro 5 – Abordagem à Solução:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Identificação, por ordem de importância, dos seis principais factores que afectam o n.º de aeronaves prontas; · Identificação e descrição das soluções para a resolução de cada um dos problemas; · Em função do custo e do grau de dificuldade da sua concretização, opta-se, em primeira mão, por implementar as soluções que sejam, ao mesmo tempo, mais fáceis e mais económicas.

Tabela 5.4 – Evento de Melhoria Rápida (continuação)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO I		
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Experiências rápidas</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação das soluções mais fáceis e mais económicas de implementar, caracterizando e antecipando os efeitos da sua implementação: <ul style="list-style-type: none"> - Quadro 6 – Experiências Rápidas (Figura 5.12). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Quadro 6 – Experiências Rápidas:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Identificação das soluções mais fáceis e mais económicas de implementar (neste caso de estudo, das seis soluções, foram identificadas quatro); · Para cada solução foi elaborada uma previsão quanto ao efeito gerado através da sua implementação; · Definição das acções necessárias ao acompanhamento da implementação das quatro soluções seleccionadas.
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Briefing para estrutura de Comando BA1</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Participantes:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Comandante BA1; - Comandante GO; - Comandante E101; - Facilitadores <i>lean</i>; - GSA; - Equipa <i>lean</i> (MNT101); - Miguel Carneiro. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>A presença da estrutura de Comando da BA1 (gestão de topo) no evento visa alcançar:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Comprometimento da cadeia de comando com os objectivos definidos e as metas propostas; · Alinhamento estratégico de toda a cadeia de comando; · Motivação da equipa participante no evento; · Melhoria de comunicação entre os diversos níveis da cadeia hierárquica; · Sucesso da intervenção <i>lean</i>/transformação <i>lean</i>.

Da Tabela 5.4 (Momento I) há a salientar alguns aspectos relevantes:

- A sequência de apresentação dos participantes;
- A experiência da equipa da MNT101, no âmbito da filosofia *lean*, bem como o facto dos intervenientes terem trabalhado em conjunto na montagem das aeronaves de IRAN, entre 2010 e 2011, e com resultados muito positivos;
- A definição da agenda para o evento (ver Figura 5.6);
- A apresentação dos Quadros 1 e 2 (Figura 5.7 e Figura 5.8), para contextualização dos presentes face à situação actual das inspecções P1 e P2; no Quadro 2 salienta-se a grande variabilidade dos tempos de inspecção;
- O cálculo do custo das inspecções ao nível da MOD e do material, conforme informação constante na Tabela 5.5 e na Tabela 5.6;
- A apresentação, através do Quadro 3 (ver Figura 5.9), dos objectivos que se pretendem alcançar com a intervenção *lean* e a identificação no Quadro 4 (ver Figura 5.10) dos problemas que afectam o n.º de aeronaves prontas;
- A abordagem à solução identificada no Quadro 5 (ver Figura 5.11), priorizando por ordem crescente, as seis causas que mais afectam o n.º de aeronaves prontas, já anteriormente identificadas no Quadro 4;
- A identificação e selecção no Quadro 6 (ver Figura 5.12) das quatro soluções mais económicas e mais fáceis de implementar, para a realização de experiências rápidas com vista à resolução dos problemas identificados no Quadro 4;
- A realização do *briefing* para a estrutura de comando da BA1 (numa situação ideal esta apresentação deverá ocorrer em simultâneo com o *Briefing* Inicial).

Tabela 5.5 - Custo das inspeções P1 e P2 (MOD)

	Custo Inspeção - MOD								P1 + Insp. Motor (Média) (H.H)	P2 + Insp. Motor (Média) (H.H)
	Min.	Horas	H.H	Sector EM (H.H)	Sector EA (H.H)	Sector END (H.H)	Sector EQVS (H.H)			
P2	8.550	143	250	156	77	14	3	180	283	
P1	4.465	74	148	107	37	2	2			
VCM	1.425	24	39	17	22	-	-			
Vi2	1.225	20	37	16	22	-	-			
Vi1	740	12	22	11	11	-	-			

Tabela 5.6 - Custo das inspeções P1 e P2 (Material)

	Custo Inspeção - Material		
	Material (€)	P1 + Insp. Motor (Média) (€)	P2 + Insp. Motor (Média) (€)
P2	1.801,17	1.036,34	2.248,14
P1	589,37		
VCM	1.007,42		
Vi2	251,96		
Vi1	81,55		

AGENDA	
INTRODUÇÃO AO LEAN (REVISÃO)	<input checked="" type="checkbox"/>
MAPEAMENTO CADEIA DE VALOR	<input checked="" type="checkbox"/>
SPAGHETTI	<input type="checkbox"/>
HAND-OFF	<input type="checkbox"/>
AUDITORIA 6S	<input type="checkbox"/>
SITUAÇÃO FUTURA	<input type="checkbox"/>
PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO	<input type="checkbox"/>

Figura 5.6 – Agenda do EMR

1. Razão da Acção	Go No Go
<p>Contexto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dar continuidade à implementação da filosofia <i>lean</i> nas inspecções programadas P1 (250HV) e P2 (500HV). - Diminuição dos Tempos de Inspecção/Imobilização. <p>Enunciado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar, otimizar e avaliar a melhor sequência de trabalhos, de acordo com a metodologia <i>lean</i>. <p>Âmbito e Fronteiras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspecções: P1 $\begin{cases} Vi1 \\ Vi2 \\ VCM \end{cases}$ P2 $\begin{cases} Vi1 \\ Vi2 \\ VCM \end{cases}$ - Kit Rotável (Rotável + Material para montagem) - Hangar de Manutenção - Rever constituição Kits Material - Revisão IPA / Cartas de Trabalho <p>Reflexões:</p>	<p>Melhorias necessárias:</p> <p>a. Tempo/Entrega</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduzir em 25% o tempo de imobilização. <p>b. Custo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redução de 30% Custos de Material. - Optimização da Mão-de-obra Directa. <p>c. Qualidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - MI's após MP's ≈ 0 <p>d. Pessoas/ Moral</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trabalho Fora de Horas ≈ 0 - Acidentes e Incidentes = 0 - Garantir uso de EPI's.

Figura 5.7 – Razão da Acção (Quadro 1)

2. Estado Inicial	Go No Go
<p>a. Tempo / Entrega</p> <p>Desvio Padrão: P1 = 13 ± 4 dias / P2 = $18 \pm 4,6$ dias</p> <p>c. Qualidade</p> <p>d. Pessoas/Moral</p> <p>Reflexões: Grande Variabilidade nos Tempos de Manutenção.</p>	<p>b. Custo</p> <p>Motivação do Pessoal</p>

Figura 5.8 - Estado inicial das inspecções P1 e P2 (Quadro 2)

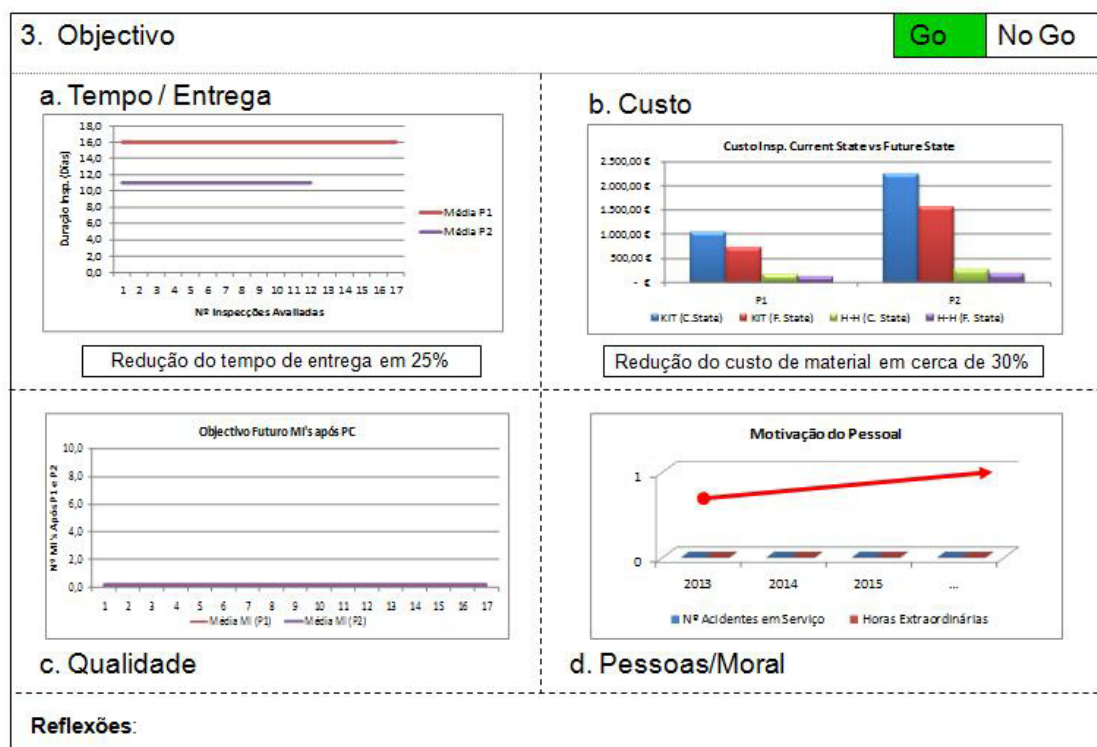


Figura 5.9 - Objectivos a alcançar com a intervenção *lean* (Quadro 3)

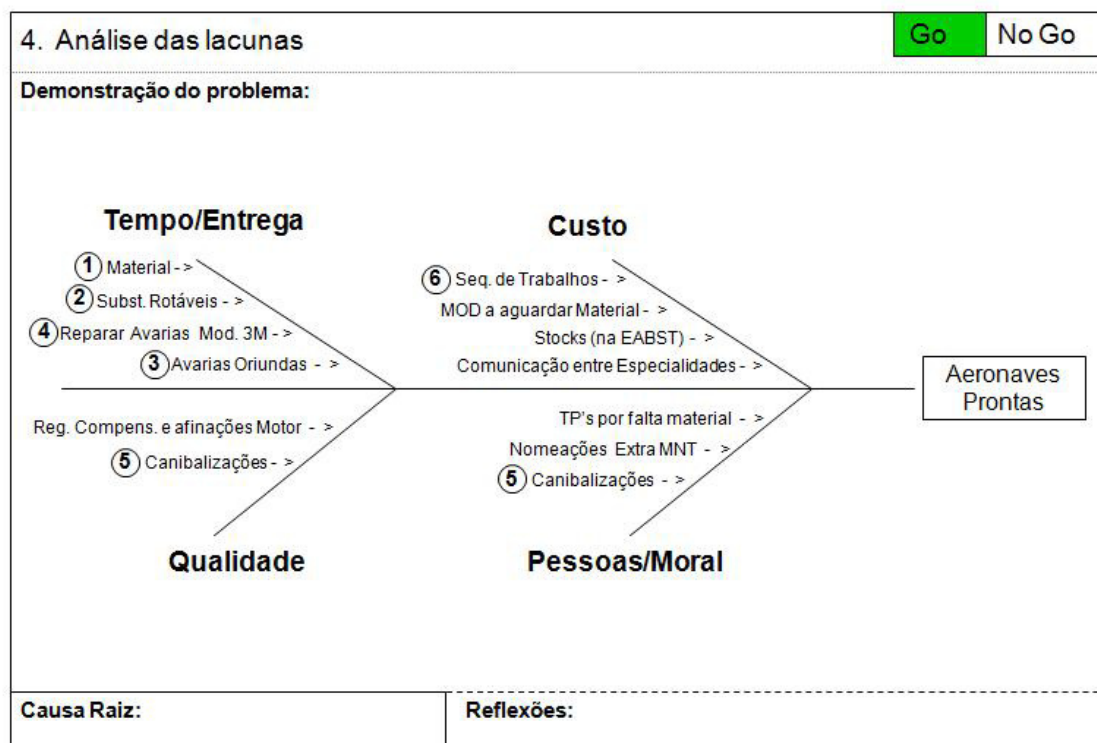


Figura 5.10 – Análise dos factores que afectam o N.º de aeronaves prontas (Quadro 4)

5. Abordagem à solução						Go	No Go
Causa/ Prioridade	Solução	Afeta	Estado atual	Estado Futuro	D	C	
①	- Material disponível na BA1 na data da necessidade.	A)	Material identificado e já adquirido. Ag. entrega na BA1.	Material entregue na BA1 (JIT, preferencialmente).	X	X	
②	- Material para kit rotável disponível na BA1 para instalação na data da necessidade.	A)	Planeamento Rotáveis elaborado a 1Y e revisto a cada 3M.	Material Cat. S e C disponível para instalação na data da necessidade.	X	X	
③	- Reparação de Avarias Oriundas nos(s) período(s) com menor impacto/constrangimento para o cumprimento do <i>takt time</i> .	a)	Reparação das Avarias	Reparação das avarias.	O	O	
④	- Reunião prévia de inspecção uma semana antes da entrada da aeronave em MP. - Coordenação prévia entre equipas e identificação de material necessário.	a)	Avarias inscritas em Mod. 3M reparadas nas insp. P1 e P2.	Identificação atempada das avarias a reparar na próx. Insp. P1/P2.	O	O	
⑤	- Material disponível na BA1 para instalação na data da necessidade.	c); d)	Necessidades Identificadas.	Material disponível na BA1.	X	X	
⑥	- Definição do <i>takt time</i> da inspecção. - Afixação nas docas de trabalho dos elementos de gestão visual. - Momentos de comunicação entre especialidades (EM, EA, NDI, MARME)	b)	Takt Time não definido	Takt Time Definido. Momentos de comunicação definidos.	O	O	
D (Dificuldade) e C (custo) avaliação: O = Fácil / Baixo Custo, Δ = Médio / Médio Custo, X = Difícil / Alto Custo							
Reflexões:							

Figura 5.11 – Abordagem às soluções que visam eliminar os factores que condicionam o N.º de aeronaves prontas (Quadro 5)

6. Experiências Rápidas				Go	No Go
Experiência	Antecipação do efeito	Efeito atual	Seguimento da ação		
Aeronaves: - N/C (D) - P1 + Vi1 (JAN13) - N/C (A) - P2 + Vi1 (JAN13) - N/C (Q) - P1 + VCM (FEV13) - N/C (G) - P1 + Vi1 (FEV13)	- Trabalhos das MP's realizados de acordo com a sequência otimizada. - Tempo de imobilização da aeronave mais reduzido.	- Trabalhos de MNT a serem realizados na seq. otimizada. - Diminuição do tempo de imobilização (nº de avarias oriundas afectam o tempo total de insp.).	- Acompanhamento da MP pelo EPR <i>lean</i> para monitorizar a implementação da nova sequência. Introduzir reajustamentos na sequência de tarefas, se necessário..		
- Constituição e implementação do kit rotável.	- Entrega na MNT101, pela EABAST, do kit rotável. - Diminuição no tempo total de instalação do rotável.	- Ficheiro com a constituição do kit concluído. - Ficheiro partilhado com a EABAST e GSA. - Aguarda constituição física dos kits.	- Rever a constituição e quantidades dos kits sempre que necessário. Monitorização de stocks.		
- Afixação na doca dos elementos de gestão visual.	- Optimização da utilização da MOD. Melhor Gestão de RH. - Especialidades com períodos de acção definidos. - Comunicação entre equipas mais eficiente.	- As acções de MNT P1 e P2 estão a ser realizadas de acordo com a seq. otimizada. - No decorrer das MP as seq. de trabalho foram testadas e melhoradas com os <i>inputs</i> fornecidos pelos mecânicos.	- Ajustamento da sequência de trabalhos quando necessário.		
- Reunião com os chefes de equipa das várias especialidades (7 dias antes do início da MP)	- Melhoria na coordenação entre equipas. - Antecipação de constrangimentos. - Identificação dos meios necessários (RH, RM).	- Realização da reunião prévia (1 semana antes da data prevista do início da MP).	- Acompanhamento e satisfação das necessidades identificadas até ao início da MP.		
Reflexões:					

Figura 5.12 – Selecção das soluções para implementação através de experiências rápidas (Quadro 6)

Avançou-se então para o Mapeamento da Cadeia de Valor (Momento II), cuja descrição se apresenta na Tabela 5.7. Para este mapeamento optou-se pela inspecção P2+VCM, por ser tratar do programa de manutenção, de 2º escalão, mais completo, bem como pelo facto das restantes combinações poderem ser produzidas a partir desta, através da supressão das respectivas cartas de trabalho.

O processo de mapeamento teve início pela atribuição de um significado a cada uma das cores dos *post-its*, como se demonstra na Figura 5.13, seguido então do mapeamento da cadeia de valor *per si* (Figura 5.14), abrangendo desde a fase de preparação documental até ao momento em que a aeronave é considerada pronta para realização do voo de experiência. Para cada uma das tarefas pertencentes à inspecção foram indicados os tempos de execução, os recursos humanos necessários e os principais constrangimentos que podem ocorrer (ver Figura 5.15), conforme o modelo representado na Figura 5.16.

Identificada a sequência da inspecção (situação actual), procedeu-se à contabilização, em número de dias e períodos, dos tempos de concretização da mesma, tendo-se obtido, conforme informação constante na Tabela 5.7, os seguintes resultados: 21,7 dias com execução de tarefas em série; 20 dias com a realização de tarefas em paralelo; 18,5 dias com a divisão da sequência da cadeia de valor em períodos de 3 horas.

Neste ponto, é importante salientar que para efeitos de estudo e de cálculo dos tempos de processo, assume-se que cada ano é composto por 240 dias úteis, cada um com 6 horas de trabalho divididas em dois períodos de 180 minutos/cada.

Tabela 5.7 – Mapeamento da Cadeia de Valor (situação actual)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO II		
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Mapeamento da cadeia de valor (situação actual)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamento da Cadeia de Valor da inspecção P2+VCM (situação actual) - Figura 5.14; 	<ul style="list-style-type: none"> - Definição da legenda das cores dos <i>post-its</i> (Figura 5.13); - Mapeamento do processo da inspecção P2+VCM, desde a preparação documental realizada pela Área de Planeamento e Controlo (APC) até ao momento em que a aeronave está pronta para voo de experiência (Figura 5.15); - Sequenciação das tarefas por especialidade, indicando o tempo e os recursos humanos necessários à sua realização e ainda os principais constrangimentos que podem ocorrer (Figura 5.16); - Contabilização do tempo total da inspecção com a realização de tarefas em paralelo e em série: <ul style="list-style-type: none"> · Com realização de tarefas em paralelo => 7235 min => 121 h.H => 20 dias; · Com realização de tarefas em série => 7825 min => 130 h.H => 21,7 dias; - Divisão da sequência mapeada em períodos de trabalho (para efeitos de estudo e de implementação da filosofia <i>lean</i> tem sido assumido, em outros eventos, que cada dia corresponde a 6 horas de trabalho, dividido por dois períodos de 3h/cada – manhã e tarde); - Total de períodos da inspecção P2+VCM = 37 períodos (18,5 dias) – obtido pela agregação de tarefas em períodos de 180 minutos;

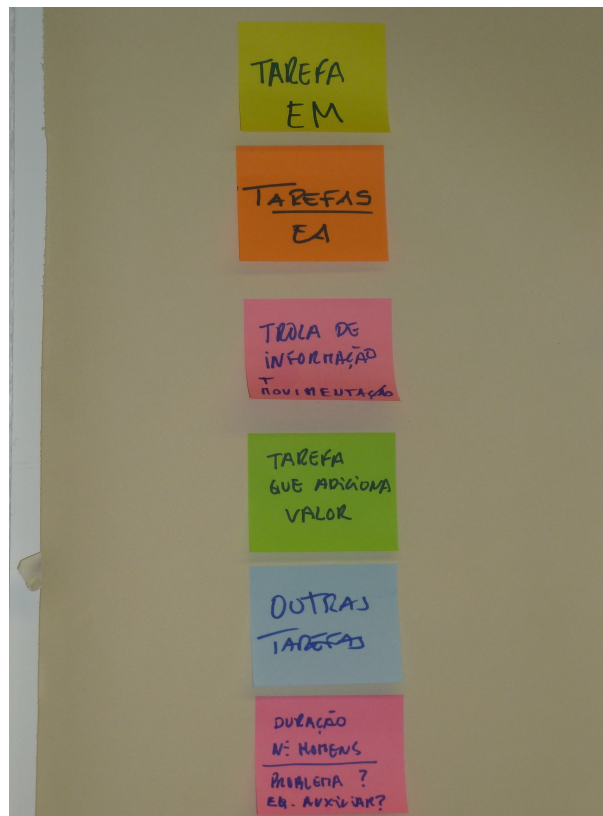


Figura 5.13 – Definição do significado das cores dos *post-it's*



Figura 5.14 – Mapeamento da cadeia de valor da inspecção P2+VCM (situação actual)

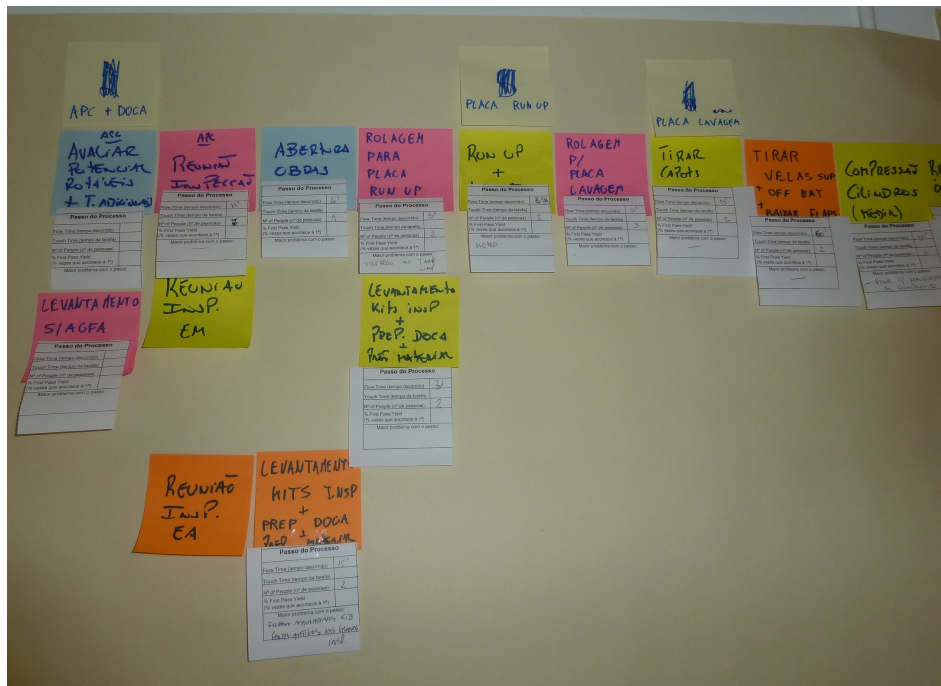


Figura 5.15 – Etapa inicial do mapeamento da cadeia de valor com identificação do tempo e dos recursos para realização de cada tarefa

Passo do Processo	
Flow Time (tempo decorrido)	
Touch Time (tempo da tarefa)	
Nº of People (nº de pessoas)	
% First Pass Yield (% vezes que acontece à 1ª)	
Maior problema com o passo:	

Figura 5.16 – Modelo para caracterização do tempo, recursos e problemas em cada tarefa

Concluído o mapeamento da situação actual, o próximo momento do EMR (Momento III) centrou-se, na identificação de desperdícios e de oportunidades de melhoria existentes no processo que permitissem alcançar os objectivos da diminuição do tempo das inspecções e da optimização dos recursos envolvidos. Este Momento III está descrito na Tabela 5.8.

Da análise efectuada pela equipa, da elaboração dos diagramas de *spaghetti* (ver Figura 5.17) e de *hand-offs* (ver Figura 5.18), bem como pela realização de uma auditoria 6S (Anexo I), foram identificados os seguintes desperdícios:

- Sequência de trabalhos não optimizada;
- Inexistência de um *takt time* para realização das inspecções;
- Deslocação da aeronave, por duas vezes à placa de lavagem;
- Aproximadamente 2,5km em deslocações de pessoal;
- Inexistência de pontos de contacto definidos para coordenação de trabalhos entre sectores, o que era gerador de esperas em algumas situações;
- Inexistência de elementos de gestão visual, para as inspecções P1 e P2, que permitissem às equipas saber quando e quais as tarefas que têm que realizar em cada período;
- Inexistência de elementos de gestão visual, afixados nas docas de trabalho, onde estejam definidas as normas e as tarefas para manter a área de trabalho limpa e ordenada.

No que ao potencial de melhoria [*Minimum Staff Number (MSN)*] diz respeito, este foi identificado através da seguinte fórmula:

$$MSN = \frac{C/T \times (1.FTE)}{takt\ time} = \frac{20\ dias \times (1.FTE)}{40\ dias} = 0,5\ FTE\ Staff$$

em que MSN = *Minimum Staff Number*, C/T = *Cycle Time* e FTE = *Full Time Equivalent*.

O cálculo do potencial de melhoria permitiu, ainda que de forma simples e sem entrar em linha de conta com outros factores (ex.: uma tarefa tem que ser realizada no mínimo por duas pessoas: pelo executante e pelo inspector de produção que valida o trabalho realizado), identificar o quantitativo mínimo de efectivos que seriam necessários necessário para qual o número mínimo de técnicos necessários para realizar a inspecção P2+VCM em 40 dias (*takt time*).

Concluiu-se então, que dividindo o tempo médio de ciclo da inspecção P2 (≈ 20 dias) pelo *takt time* (40 dias), que as acções de manutenção P2+VCM poderiam ser concretizadas em 20 dias, apenas com a alocação um técnico (ver Figura 5.19). Na opinião do autor, este momento criou na equipa o sentimento de confiança e de acreditar, quanto à possibilidade de diminuição dos tempos de inspecção.

Ainda dentro deste momento, uma chamada de destaque para a elaboração de dois quadros resumo, o primeiro referente ao número de horas e de dias em que cada especialidade intervém na inspecção P2+VCM (ver Figura 5.20) e o segundo onde se reforçou mais uma vez, quais os principais factores que afectam o n.º de aeronaves prontas (Figura 5.21).

Tabela 5.8 – Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO III		
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Identificação de desperdícios</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar o resultado do Mapeamento da Cadeia de Valor (situação actual) e identificar quais os desperdícios existentes no processo: <ul style="list-style-type: none"> - Sequência de tarefas não otimizada; - Agrupamento de tarefas não estudado e não otimizado; - Diagrama <i>spaghetti</i>; - <i>Hand-Off</i>³⁴; - Auditoria 6S. 	<ul style="list-style-type: none"> - À medida que a cadeia de valor ia sendo mapeada os militares das áreas de EM e de EA foram identificando, no imediato, um conjunto de tarefas que, na situação futura, poderiam ser executadas numa sequência diferente e/ou em paralelo com outras acções, por forma a otimizar a sequência de trabalhos e os recursos alocados [ex.: verifica-se uma considerável dispersão das tarefas do sector de EA, da qual resultava que nos 37 períodos de duração da inspecção (valor mapeado), em apenas oito a equipa estava disponível para realizar outras tarefas]; - A elaboração do diagrama <i>spaghetti</i> (Figura 5.17) permitiu aferir que as equipas de mecânicos se deslocavam no seu todo, e no decorrer da inspecção P2+VCM, cerca de 2,5 km e a aeronave cerca de 2km (não sendo viável a realização de acções de manutenção programada da frota Epsilon nas docas mais próximas do Sector de EA, a solução passará pelo agrupamento de tarefas em períodos específicos, de modo a minimizar deslocações e a libertar recursos para outras acções de manutenção programada ou inopinada); - Da elaboração e análise de <i>Hand-Off's</i> (Figura 5.18) verifica-se que as três áreas com maior incidência na troca de informação são: APC (12), Equipa EM (11) e Chefe de Equipa (7); - A realização da auditoria 6S (ver Anexo I) permitiu aferir um grau de implementação desta ferramenta de 70% (valor ideal ≈ 95%); a melhorar – introdução de mais elementos de gestão visual para controlo e gestão do processo de inspecções, e ainda, definição das regras e tarefas para manter a área de trabalho limpa e ordenada.

³⁴ *Hand-Off* - troca ou partilha de informação.

Tabela 5.8 – Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria (continuação)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO III		
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Identificação de oportunidades de melhoria</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar o resultado do Mapeamento da Cadeia de Valor e identificar quais as oportunidades de melhoria para implementação na situação futura: <ul style="list-style-type: none"> - Definição do <i>takt time</i>; - Quantificação da mão-de-obra necessária para cumprir o n.º de inspecções/ano de acordo com o <i>takt time</i>; - Optimizar sequência de trabalhos; - Apenas uma deslocação da aeronave à placa de lavagem durante a inspecção; - Agrupar tarefas e/ou especialidades em paralelo; - Estabelecer pontos de comunicação entre especialidades durante o decorrer da Inspeção; - Reflectir a sequência de trabalhos optimizada no IPA; 	<ul style="list-style-type: none"> - Com base no regime de esforço de 2012 (2750:00H) e no intervalo de 500HV entre inspecções do tipo P2, verificou-se que em média se realizam seis acções de manutenção programada/ano (Figura 5.19); - Para se calcular o <i>takt time</i> dividiu-se o n.º de dias disponíveis/ano (para efeitos de estudo e de implementação da filosofia <i>lean</i> tem sido assumido, em outros eventos, que cada ano corresponde a 240 dias úteis), pelo n.º de Inspecções a realizar, resultando num <i>takt time</i> = 40 dias/inspecção (Figura 5.19); - Para se identificar o potencial de melhoria ao nível da MOD (<i>Minimum Staff Number</i>) dividiu-se o tempo de ciclo médio de uma inspecção P2 (≈20 dias) pelo <i>takt time</i> = 40 dias/inspecção (Figura 5.19); desta análise muito pragmática e directa, resultou a possibilidade de executar esta acção de manutenção em 20 dias com apenas um Homem; na opinião do autor, e uma vez que as equipas, entre as várias especialidades são compostas por sete elementos, o cálculo deste dado possibilitou identificar indubitavelmente a existência de oportunidades de melhoria quanto aos tempos de inspecção; - Para se alcançarem as metas propostas, ao nível da diminuição dos tempos de imobilização e da optimização dos recursos envolvidos, a equipa identificou um conjunto de soluções: <ul style="list-style-type: none"> · Apenas uma deslocação da aeronave à placa de lavagem; · Agrupamento de tarefas entre e inter-especialidades; · Estabelecimento de pontos de comunicação entre equipas; · Revisão e optimização das cartas de trabalho – IPA.

Tabela 5.8 – Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria (continuação)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO III		
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Sumário (I)</u> <u>e Head Lines do evento</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração do sumário relativo aos tempos associados e por especialidade para realizar a inspecção P2+VCM; - Identificação dos principais itens relacionados com as acções de manutenção programada P1 e P2. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Sumário:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Identificação dos tempos e dos recursos inerentes a cada sector/especialidade para concretização da inspecção (Figura 5.20); - <u>Head Lines:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Identificação dos principais factores que contribuem para a variabilidade dos tempos de inspecção (Figura 5.21) e que deverão ser alvo de intervenção.

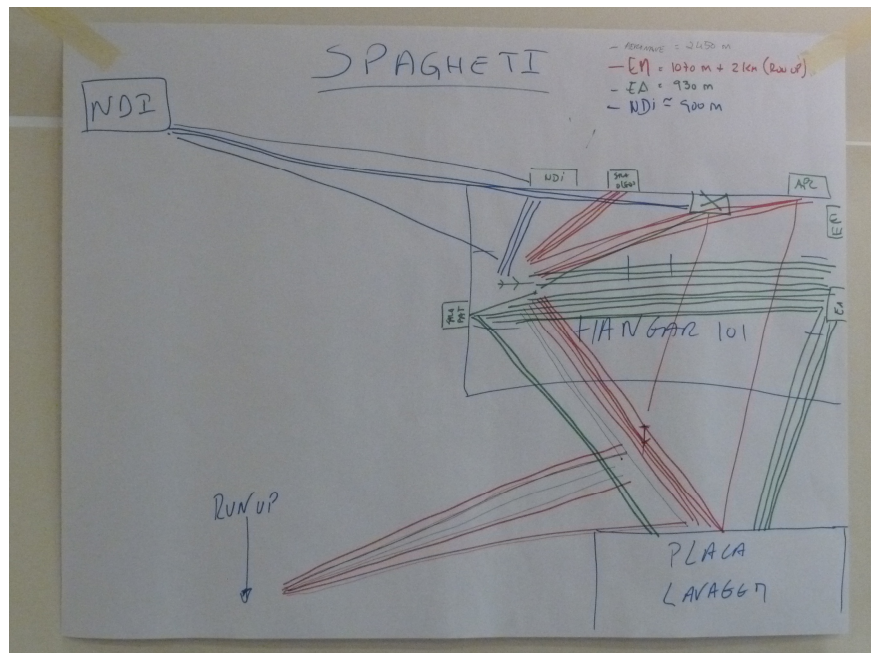


Figura 5.17 – Diagrama spaghetti

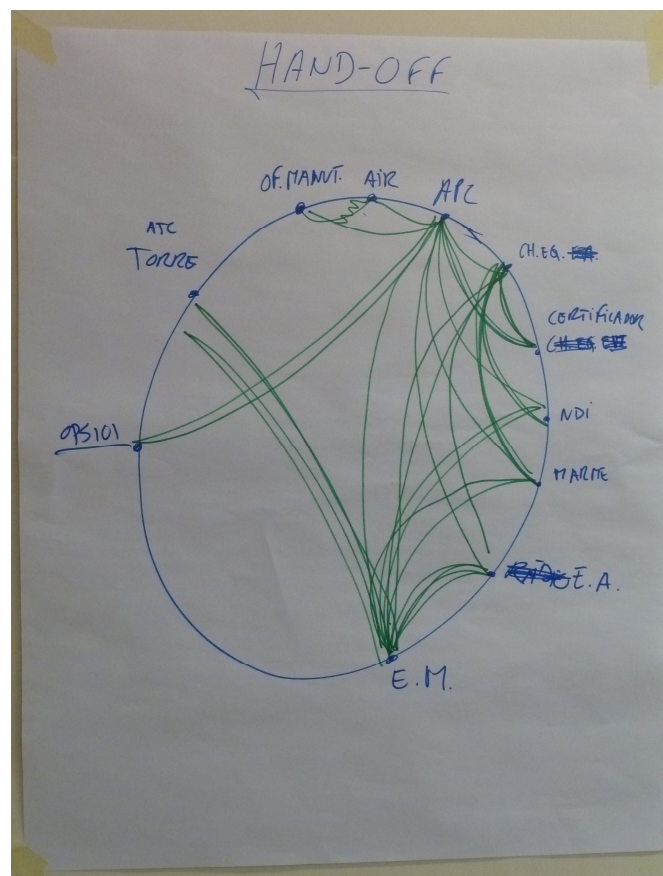


Figura 5.18 – Identificação e quantificação de *hand-offs* (trocas de comunicação)

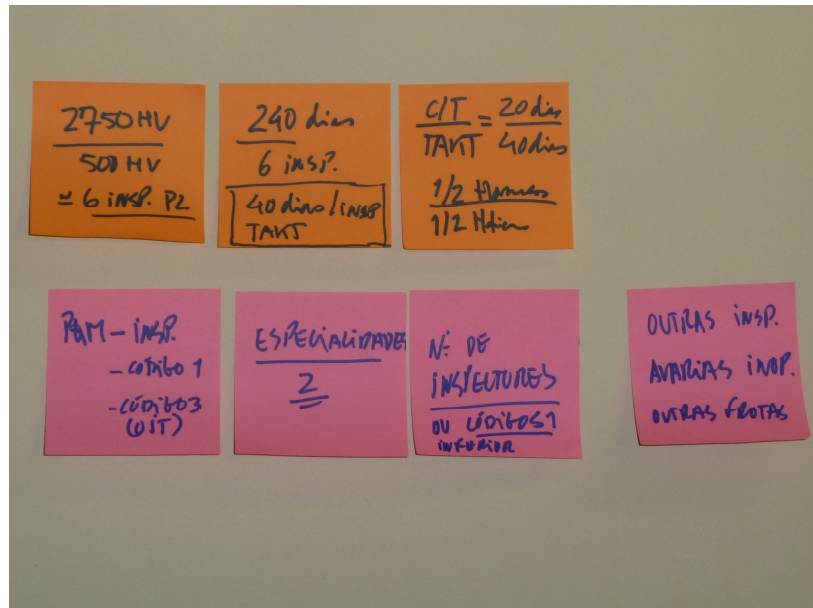


Figura 5.19 – Cálculo do n.º de inspecções P2/ano, do takt time e dos recursos humanos (post-its cor-de-laranja)

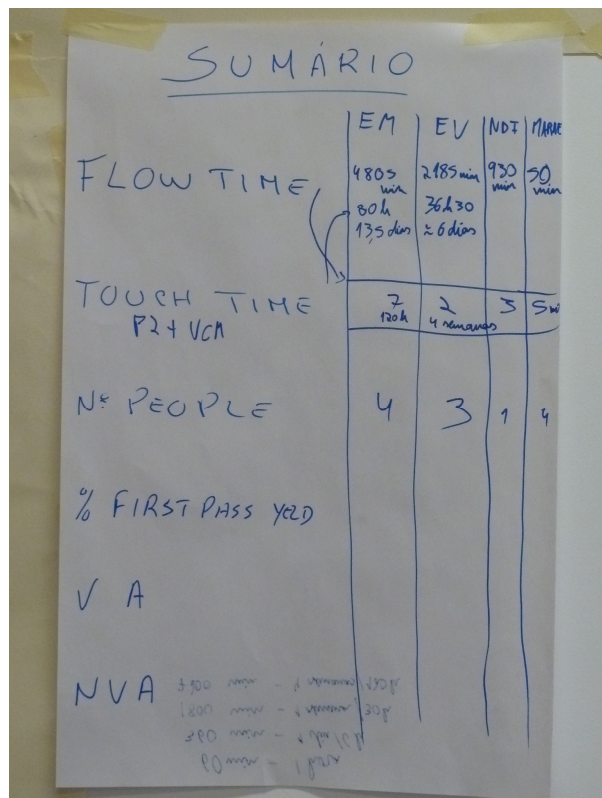


Figura 5.20 – Sumário (tempos da inspecção P2+VCM por sector)

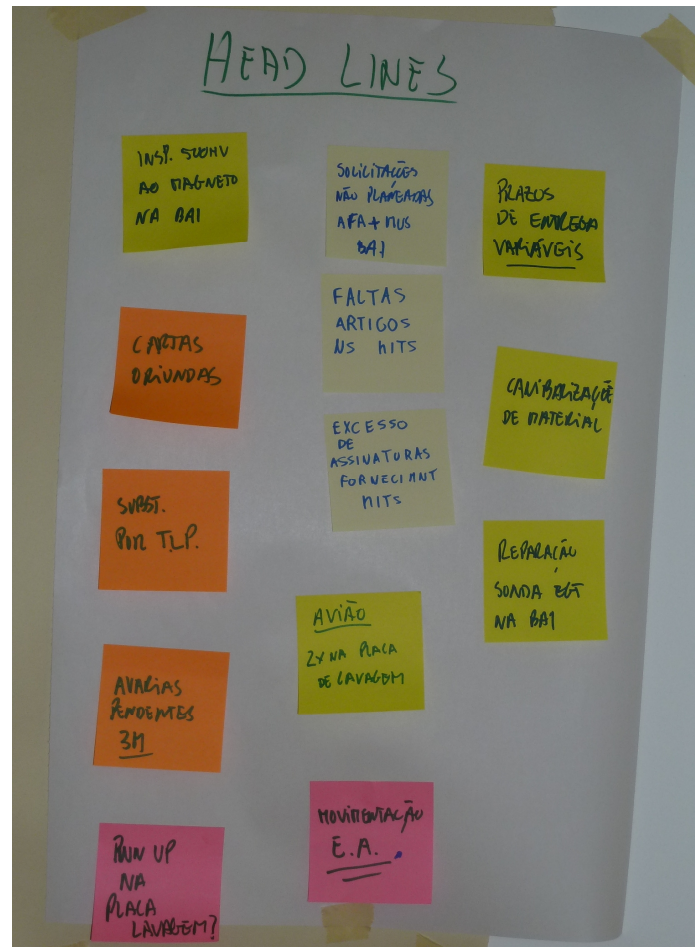


Figura 5.21 – Resumo dos principais factores que condicionam o n.º de aeronaves prontas

Mapeada a situação actual, conhecidos os desperdícios existentes e identificadas as oportunidades de melhoria, estavam então reunidas as condições para se dar início ao mapeamento da situação futura (Momento IV).

Com base nos pressupostos que se apresentam na Tabela 5.9, do qual se referencia a agregação do maior número de tarefas possíveis de serem concretizadas, por especialidade, em cada período de 3 horas (ver Figura 5.22), foi possível alcançar uma redução de cerca de 20% entre o tempo mapeado da situação actual da inspecção P2+VCM (sem incluir períodos dedicados à resolução de avarias oriundas) e a situação futura (33 períodos = 16,5 dias), conforme se indica na Figura 5.23.

Para que esta redução seja realizável, torna-se imperativo definir um plano de acção (ver Figura 5.24). Nesta matéria destaca-se a importância da atribuição das tarefas do plano de acção a elementos específicos, como forma de motivação, responsabilização e comprometimento com o processo e com os resultados na sua globalidade, conforme se apresenta no Quadro 7 (ver Figura 5.25).

Tabela 5.9 – Mapeamento da Cadeia de Valor - situação futura

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO IV		
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Mapeamento da cadeia de valor (situação futura)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamento da Cadeia de Valor da inspecção P2+VCM (situação futura) - Figura 5.26. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamento da situação futura da inspecção P2+VCM, introduzindo as seguintes melhorias: <ul style="list-style-type: none"> · Optimização da sequência de inspecção com base no critério de agregar o máximo de tarefas possíveis em períodos de 3 horas (Figura 5.22); · Início da inspecção sempre no período da manhã, para que algumas tarefas coincidam em períodos específicos do dia (manhã ou tarde); · As tarefas do sector de EA foram agregadas, segundo os critérios: melhor sequência de trabalho; aproveitamento máximo das 3 horas disponíveis por período, de modo a ser possível fazer a gestão dos recursos para intervirem em outras inspecções/frotas; · Lavagem da aeronave realizada apenas com uma deslocação à placa de lavagem; · Implementação e definição de pontos de comunicação entre equipas; - Como resultado da eliminação dos desperdícios identificados e pela introdução das melhorias supra citadas, o tempo de inspecção (mapeado) alcançado foi de 33 períodos (16,5 dias), correspondente a uma redução de cerca de 20% (sem incluir períodos dedicados à resolução de avarias oriundas);

Tabela 5.9 – Mapeamento da Cadeia de Valor - situação futura (continuação)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO IV		
- <u>Definição do Plano de Acção</u>	<p>- Elaboração do Plano de Acção para concretização do objectivo de redução de cerca 20% no tempo da inspecção:</p> <ul style="list-style-type: none">- Quadro 7 – Plano de Acção (Figura 5.25);	<ul style="list-style-type: none">- Após a identificação da melhor sequência de inspecção, e para que a mesma seja concretizável, foram definidas um conjunto de acções a implementar, no sentido de tornar exequíveis os objectivos (teóricos) definidos (Figura 5.24);- Para cada uma dessas acções, também designadas por <i>Action Items</i>, foi designado um elemento responsável pela sua concretização e uma data para a sua conclusão; na opinião do autor esta é uma forma de responsabilização e comprometimento dos intervenientes para com as suas tarefas, em particular, e com o sucesso da intervenção <i>lean</i>, no geral.

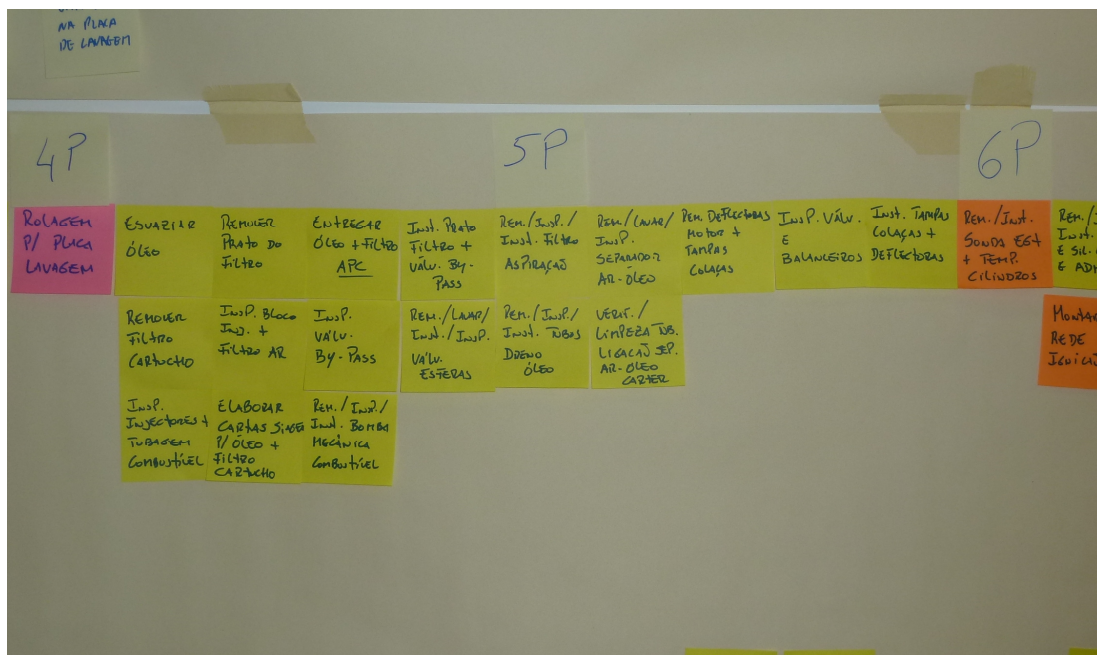


Figura 5.22 – Mapeamento da cadeia de valor (situação futura)

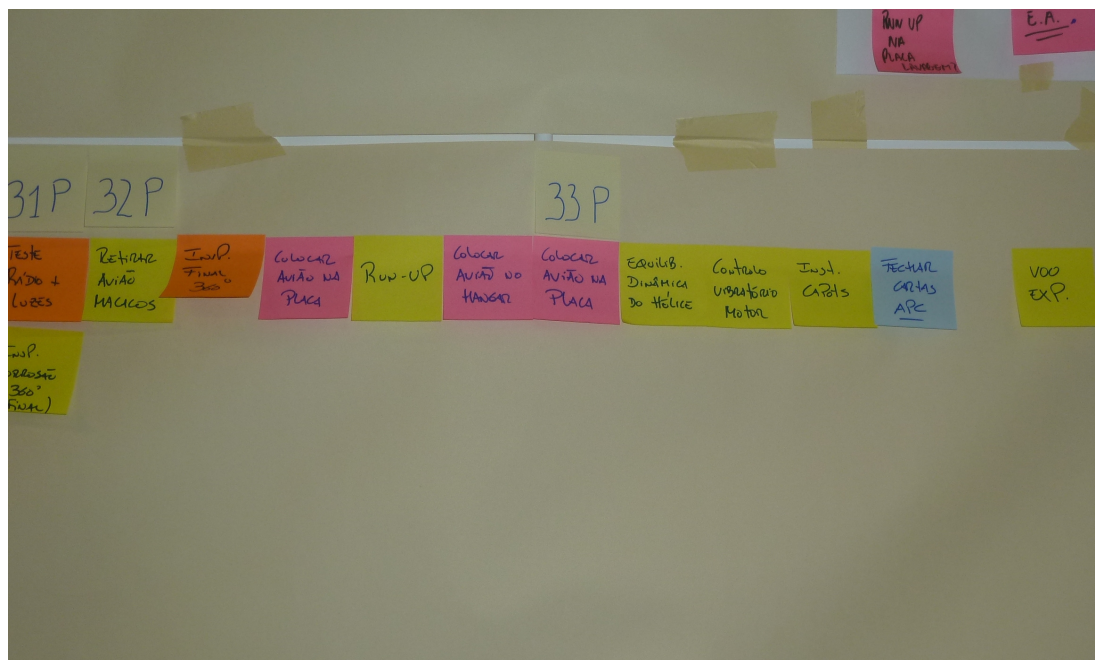


Figura 5.23 – Resultado do mapeamento da cadeia de valor

PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO		QUEM	QUANDO
- TESTAR $P_2 + VCM$ OU $P_2 + (-)$		CARMELO	15 DEZ — 15 JAN
- IPA (ACTUALIZAÇÃO)		CARMELO	30 JAN
- $P_1 \leq P_2$		CARMELO	15 DEZ
- PROTÓTIPO ISOLAMENTO FICHAS - ALICATES / INSERTAR		ZAK TAVARES	30 NOV
- CHECK LIST \Rightarrow QUALIDADE - ACTUALIZAR / APROVAR		ALF. SILVESTRE	30 NOV
- ABAST. FORNECER CONSUMÍVEIS COM ROTÁVEL.		TEN. CARMELO	30 NOV
- DEBRIEFING EVENTO		ATLANTA	

Figura 5.24 – Plano de implementação/acção

7. Plano de Acção			Go	No Go
Acção	Quem	Quando	RAG	
TESTAR INSPECÇÃO P1 + Vi1	MC	07 JAN -> 25 JAN		
TESTAR INSPECÇÃO P2 + Vi1	MC	15 FEV 13		
ACTUALIZAR IPA	MC	25 MAR 13		
IDENTIFICAÇÃO DA SEQUÊNCIA ÓPTIMA DAS INSP. (P1 + Vi1/Vi2/VCM; P2 + Vi1/Vi2/VCM)	MC	15 DEZ		
PROTÓTIPO ISOLAMENTO FICHAS DO TREM (ALICATES / ...)	BM	15 JAN		
ACTUALIZAR / APROVAR CHECK-LIST QUALIDADE (RUN-UP, CONTROLO VIB. MOTOR, EQUILIB. DINÂMICA HÉLICE, PRE-FLIGHT INSP.)	BS	15 FEV 13	50%	
CONSTITUIÇÃO KIT ROTÁVEIS (Mat. Cat S + C)	MC	30 NOV 12		
Reflexões:				

Figura 5.25 - Plano de Acção (Quadro 7)

O Momento V consistiu na apresentação aos militares da MNT101 do trabalho realizado ao longo dos três dias do Evento de Melhoria Rápida. Este trabalho pode ser resumido de forma muito concreta e precisa através da Figura 5.26 que contém toda a informação descrita até ao momento, no presente capítulo. Os objectivos e a sequência desta apresentação estão detalhados, na Tabela 5.10, destacando-se as respostas às quatro questões postas e direccionadas aos militares que não estiveram presentes no EMR. Pelas respostas obtidas foi possível concluir que, individualmente, a percepção dos desperdícios, das oportunidades de melhoria e dos objectivos que são possíveis de alcançar é inferior, em relação àquela que se consegue quando se trabalha em equipa.

Tabela 5.10 – Debriefings do EMR

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO V		
<p>- <u>Debriefing do evento (MNT101)</u></p>	<p>- <u>Participantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - OFM; - Chefes das áreas funcionais; - Chefes de sector; - Chefes de equipa (Epsilon e outras frotas); - Equipas de manutenção (Epsilon e outras frotas); - Miguel Carneiro. <p>- <u>Apresentação (Miguel Carneiro):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Debriefing</i> do Evento de Melhoria Rápida aos militares da MNT101. 	<p>- <u>Debriefing do Evento de Melhoria Rápida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · No dia seguinte ao <i>terminus</i> do EMR foi realizada a apresentação do trabalho desenvolvido no âmbito do evento <i>lean</i>; · Nesta apresentação estiveram presentes os militares da MNT101 (frota Epsilon e restantes frotas), desde o OFM até ao elemento mais moderno das equipas de manutenção, com o intuito de promover a divulgação do trabalho realizado, a identificação os desperdícios encontrados, os objectivos alcançados, bem como reforçar a importância da melhoria contínua e do trabalho de equipa para a produção e sustentação da Excelência aeronáutica praticada na MNT101; · Apresentação dos Quadros 1 e 2 da metodologia A3-PDCA [ver Figura 5.7 – Razão da Acção (Quadro 1) Figura 5.7 e Figura 5.8], com o objectivo de situar contextualmente a razão para a acção, o âmbito da intervenção, a duração média das inspecções P1 e P2, salientando-se a grande variabilidade dos tempos de imobilização; · Aos elementos que não estiveram presentes no EMR foram colocadas algumas questões, no sentido de serem aferidas, na generalidade, quais as oportunidades de melhoria que poderiam existir no processo de execução de acções de manutenção: <ol style="list-style-type: none"> 1. Quais as melhorias que poderiam ser implementadas para diminuir o tempo das inspecções P1 e P2? 2. Actualmente, quais são os desperdícios existentes no processo? 3. Qual a opinião quanto à duração do tempo das inspecções? 4. Quais as diferenças percebidas nos Mapeamentos das Cadeias de Valor, relativamente à Situação Actual e Situação Futura?

Tabela 5.10 – Debriefings do EMR (continuação)

EVENTO DE MELHORIA RÁPIDA (05 a 07NOV12) – MOMENTO V		
<p>- <u>Debriefing do evento (MNT101)</u> (continuação)</p>	<p>- <u>Participantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - OFM; - Chefes das áreas funcionais; - Chefes de sector; - Chefes de equipa (Epsilon e outras frotas); - Equipas de manutenção (Epsilon e outras frotas); - Miguel Carneiro. <p>- <u>Apresentação (Miguel Carneiro):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Debriefing do Evento de Melhoria Rápida aos militares da MNT101.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - As respostas obtidas, na sua maioria, foram: <ol style="list-style-type: none"> 1. Material sempre disponível; constituição do <i>kit</i> rotável; revisão e actualização do IPA; 2. Trabalhos parados por falta de material; 3. Duração de acordo com as tarefas a cumprir nas inspecções P1 e P2; eventualmente algumas tarefas poderiam ser optimizadas; 4. <u>Situação actual</u> - tarefas de EA apresentam elevada dispersão; maior duração da inspecção; <u>Situação futura</u> – tarefas de EA agrupadas; equipa de EA liberta durante diversos períodos; existência de pontos de comunicação; menor duração da inspecção. - As respostas obtidas foram validadas, tendo-se passado à explicação detalhada dos resultados e da forma como foram alcançados, salientando que os mesmos se devem à aposta da MNT101 na melhoria contínua. - Foi ainda alvo de referência que “<i>ao pensarmos todos em conjunto, pensamos melhor do individualmente</i>” e que os resultados do evento evidenciam, plenamente, esse facto, fruto do trabalho de equipa que diariamente é realizado, que coloca a MNT101 e os seus técnicos na vanguarda da Excelência da manutenção aeronáutica.



**Figura 5.26 – Mapeamento da cadeia de valor da inspecção P2+VCM
(situação actual vs situação futura)**

Duas semanas após a apresentação do trabalho desenvolvido e dos resultados conseguidos com a realização do Evento de Melhoria Rápida à Manutenção da Esquadra 101, foi realizada uma segunda apresentação dirigida à gestão de topo - direcção da DMSA e estrutura de comando da BA1.

Os participantes, os objectivos e a sequência da apresentação, constam na Tabela 5.11, sendo de realçar que a exposição do trabalho desenvolvido no EMR, ao nível da descrição do processo representado na Figura 5.26, esteve a cargo de um militar do sector de electroaviónicos, que havia integrado a equipa do evento. É de particular interesse referir que a apresentação deste tipo de *briefings* cabe à equipa de mecânicos que participou no evento, sendo esta uma forma destes sentirem que o trabalho decorreu da sua motivação e não de uma imposição superior. Ainda que este evento, tenha decorrido posteriormente à ao Momento V, estes, geralmente, devem ocorrer na sequência inversa ou em simultâneo com o *briefing* à manutenção.

Este tipo de apresentações, na qual estão representados os diversos níveis da cadeia hierárquica, desde o nível da gestão de topo (dDMSA) até ao nível da execução, permitem na opinião do autor: a) obter a concordância da gestão de topo em relação aos objectivos definidos pela equipa do evento; b) proporcionar um maior conhecimento do trabalho realizado, bem como dos constrangimentos existentes no desempenho de cada função; c) facilitar a comunicação entre todos os níveis da hierarquia.

No final da apresentação o dDMSA, aproveitou a oportunidade para reforçar a importância do trabalho desenvolvido, principalmente num período de reconhecidos constrangimentos orçamentais, referindo que não há técnicas *lean* capazes de resistir à inexistência de material, assegurando, no entanto, o total comprometimento com o projecto e com as metas definidas.

Como já referido anteriormente neste capítulo, tão ou mais importante do que a definição do Plano de Acção é a sua implementação. Neste sentido e de acordo com o preconizado no Quadro 7 (ver Figura 5.25), procedeu-se à efectivação da implementação do referido plano, conforme se apresenta na Tabela 5.12 e se evidencia pela Figura 5.27 e pela Figura 5.28. Ainda pelo mesmo Quadro 7 é possível verificar que das acções que constituem o referido plano, apenas duas foram parcialmente concretizadas: a actualização/aprovação do *check-list*; a actualização/revisão do IPA.

Esta situação decorre dos imperativos operacionais inerentes ao cumprimento da missão, bem como do facto de estar prevista a entrada em vigor da nova plataforma do SIAGFA, para o próximo mês de Maio. Deste modo, e uma vez que o IPA “corre” sob a égide do SIAGFA, foi decidido aguardar por esse momento para se proceder à sua revisão/actualização.

Concluídas e descritas que estão as seis primeiras etapas do processo de implementação da filosofia *lean* às inspecções programadas P1 e P2 da aeronave Epsilon, a próxima corresponde à análise e discussão de resultados, o tema do próximo capítulo.

Tabela 5.11 - *Debriefing* do evento (dDMSA)

DEBRIEFING DO EVENTO (16NOV12)		
<p>- <u>Debriefing do Evento (dDMSA)</u></p>	<p>- <u>Participantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Director DMSA (dDMSA); - Sub-director DMSA; - Comandante BA1; - Comandante GO; - Comandante E101; - 1_REP (facilitador <i>lean</i>); - 4_REP (chefe de repartição e GSA); - OFM; - Chefes de Áreas Funcionais; - Equipa <i>lean</i> que participou no EMR; - Equipas de manutenção. <p>- <u>Apresentação (Miguel Carneiro + Militar do Sector de EA que participou no EMR):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Debriefing</i> do Evento de Melhoria Rápida (dDMSA); 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Debriefing</u> do Evento de Melhoria Rápida: <ul style="list-style-type: none"> · Apresentação do evento <i>lean</i> realizado entre 05 e 07NOV12; · Apresentação da motivação dos intervenientes à gestão de topo; · Enquadramento da intervenção e das oportunidades de melhoria nas inspecções P1 e P2, no seguimento dos resultados obtidos com a implementação <i>lean</i> no IRAN e nas Pequenas Inspeções (2010); · Apresentação dos Quadros 1 a 4 da metodologia A3-PDCA (Razão para Acção, Estado Inicial, Objectivos e Principais Problemas que têm influência no n.º de aeronaves prontas); · Apresentação do mapeamento da cadeia de valor - situação actual (21,7 dias); · Identificação dos principais desperdícios existentes no processo; · Apresentação da situação futura (16,5 dias); · Apresentação dos Quadros 5 a 7 (Abordagem à Solução, Experiências Rápidas e Plano de Acção); - <u>Na opinião do autor, este tipo de eventos permite:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Obter a concordância da gestão de topo em relação aos objectivos traçados pela equipa do evento; · Dar visibilidade e conhecimento à gestão de topo do trabalho que é realizado diariamente nas actividades de manutenção de uma frota; · Aumentar a motivação das equipas de manutenção, pela possibilidade de apresentarem directamente à gestão de topo as oportunidades de melhoria identificadas por quem, efectivamente, conhece os processos; · Facilitar a comunicação entre todos os níveis da cadeia hierárquica.

Tabela 5.12 – Implementação do plano de acção

IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE ACÇÃO – NOV12 - > MAR13		
<p>- <u>Implementação do plano de acção</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação da sequência óptima das inspecções (P1 + Vi1/Vi2/VCM; P2 + Vi1/Vi2/VCM) - (MNT101 + Miguel Carneiro); - Construção de elementos de gestão visual (<i>waterfall's</i>) – (Miguel Carneiro); - Constituição do <i>kit</i> rotável – (Miguel Carneiro); - Analisar e avaliar isolamento das fichas do trem de aterragem – (MNT101); - Actualizar/Aprovar <i>check-list</i> (<i>run-up</i>, controlo vibratório do motor, equilibragem dinâmica do hélice, inspecções antes de voo) – (MNT101 + GSA + Gabinete da Qualidade). - Testar sequência optimizada das inspecções P1 e P2 – (MNT101); - Actualizar IPA (MNT101 + Miguel Carneiro); - Analisar, por amostragem, os momentos de valor de uma inspecção programada. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Identificação da sequência óptima das inspecções P1 e P2:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Sendo a combinação P2+VCM a mais completa das acções de manutenção programada de 2º escalão, as restantes são conseguidas pela identificação das cartas de trabalho associadas a cada tipo de inspecção de célula e motor; - <u>Elementos de gestão visual:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Construção dos elementos de gestão visual, com as sequências de trabalho optimizadas, para cada uma das seis combinações possíveis de inspecção P1 e P2 (Figura 5.27); · Definição do <i>takt time</i>, em n.º de dias e de períodos, para cada inspecção; · Identificação, através de código de cores, dos sectores/especialidades intervenientes em cada período, bem como dos pontos de comunicação entre equipas. - <u>Kit rotável:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Identificação do material necessário à instalação dos órgãos rotáveis (Figura 5.28); · Elaboração de um ficheiro com a constituição dos <i>kits</i>, para inclusão no actual ficheiro de gestão de material que é partilhado entre a MNT101, a Área Logística e a Gestão de Frota.

Tabela 5.12 – Implementação do plano de acção (continuação)

IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE ACÇÃO – NOV12 - > MAR13		
<p>- <u>Implementação do plano de acção</u> (continuação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação da sequência óptima das inspecções (P1 + Vi1/Vi2/VCM; P2 + Vi1/Vi2/VCM); - Construção de elementos de gestão visual (<i>waterfalls</i>); - Constituição do <i>kit</i> rotável; - Analisar e avaliar isolamento das fichas do trem de aterragem; - Actualizar/Aprovar <i>check-list</i> (<i>run-up</i>, controlo vibratório do motor, equilibragem dinâmica do hélice, inspecções antes de voo). - Testar sequência optimizada das inspecções P1 e P2; - Actualizar IPA; - Analisar, por amostragem, os momentos de valor de uma inspecção programada. 	<p>- <u>Isolamento das fichas do trem de aterragem:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · A concretização desta operação permite lavar a aeronave numa só etapa (na situação actual a lavagem era executada em duas etapas); · O isolamento está a ser conseguido através de um <i>spray</i> isolante para fichas; · Foi solicitado a uma empresa da especialidade a deslocação de um técnico à MNT101, no sentido de ser avaliado o produto mais apropriado e eficiente para esta acção; · No caso do <i>spray</i> não produzir os resultados necessários haverá necessidade de avaliar uma outra solução de isolamento. <p>- <u>Elaboração de <i>check-list</i> (MNT101):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · A elaboração e implementação do <i>check-list</i> visa uniformizar os procedimentos de execução para cada uma das seguintes acções: inspecções antes de voo, testes ao motor e equilibragens dinâmicas de hélices (previsão de conclusão – Maio de 2013).

Tabela 5.12 – Implementação do plano de acção (continuação)

IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE ACÇÃO – NOV12 - > MAR13		
<p>- <u>Implementação do plano de acção</u> (continuação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação da sequência óptima das inspecções (P1 + Vi1/Vi2/VCM; P2 + Vi1/Vi2/VCM); - Construção de elementos de gestão visual (<i>waterfalls</i>); - Constituição do <i>kit</i> rotável; - Analisar e avaliar isolamento das fichas do trem de aterragem; - Actualizar/Aprovar <i>check-list</i> (<i>run-up</i>, controlo vibratório do motor, equilibragem dinâmica do hélice, inspecções antes de voo). - Testar sequência optimizada das inspecções P1 e P2; - Actualizar IPA; - Realização de auditorias 6S; - Identificar e analisar, por amostragem, os momentos de valor, durante uma inspecção programada. 	<p>- <u>Testar sequências optimizadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Para a elaboração deste trabalho foi possível testar as sequências optimizadas em quatro acções de manutenção: <ul style="list-style-type: none"> - Aeronave N/C (D) – P1 + Vi1 - Aeronave N/C (A) – P2 + Vi1 - Aeronave N/C (Q) – P1 + VCM - Aeronave N/C (G) – P1 + Vi1 · Os testes realizados permitiram introduzir algumas melhorias nas sequências das inspecções, como também ao nível da informação constante nas <i>waterfalls</i> (introdução de uma coluna para inserção da data correspondente a cada período de trabalho, resultando em optimizações; alteração da célula “<i>Tarefa Executada</i>” para “<i>Tarefa Executada e Validada</i>” para que a inscrição correspondentes à indicação de que a tarefa foi executada só seja inscrita depois de validada pelo Inspector de Produção. <p>- <u>Actualização do IPA:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · A revisão e actualização da sequência de cada inspecção no IPA serão concretizadas depois de validados os testes às quatro inspecções e da entrada em operação da nova plataforma do SIAGFA, prevista para Maio de 2013.

Tabela 5.12 – Implementação do plano de acção (continuação)

IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE ACÇÃO – NOV12 - > MAR13		
<p>- <u>Implementação do plano de acção</u> (continuação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação da sequência óptima das inspecções (P1 + Vi1/Vi2/VCM; P2 + Vi1/Vi2/VCM); - Construção de elementos de gestão visual (<i>waterfalls</i>); - Constituição do <i>kit</i> rotável; - Analisar e avaliar isolamento das fichas do trem de aterragem; - Actualizar/Aprovar <i>check-list</i> (<i>run-up</i>, controlo vibratório do motor, equilibragem dinâmica do hélice, inspecções antes de voo). - Testar sequência optimizada das inspecções P1 e P2; - Actualizar IPA; - Realização de auditorias 6S; <p>Identificar e analisar, por amostragem, os momentos de valor, durante uma inspecção programada.</p>	<p>- <u>Realização de auditorias 6S:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Para a elaboração deste trabalho e no âmbito da aferição do grau de implementação da ferramenta 6S, foram realizadas duas auditorias às docas de trabalho, para além daquela que foi realizada no decorrer do EMR; - Destas acções concluiu-se que o grau de implementação é de 87,5% (ver formulário de auditoria em Anexo I), existindo oportunidades de melhoria ao nível da elaboração e afixação nas docas de trabalho, de elementos de gestão visual onde estejam definidas as normas para manter a área de trabalho limpa e organizada. <p>- <u>Análise dos momentos de valor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Por amostragem (três períodos), foi realizada durante a inspecção P1+Vi1 da aeronave N/C (G) a identificação e análise dos momentos de valor; - O objectivo desta análise consistiu em identificar as tarefas que no processo representam: a) valor; b) não valor; c) esperas; d) movimentações.

DATA INICIAL:		Inspeção P2 + VCM AERONAVE N/C (?)	DATA FINAL:	OF.MANUTENÇÃO:											CERTIFICADOR:		
DIA	CARTAS DE TRABALHO			APC:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Inspector EA:	Inspector EM:	
		STEP	TAREFA EXECUTADA E VERIFICADA												Horas Totais Célula:	Horas Totais Motor:	Nº Motor:
		Tirar Capots															
		Rolagem Aeronave para Placa de Run-Up															
		Run-Up															
		Rolagem Aeronave para Hangar															
		Retirar Velas Sup. + Desligar Bateria + Baixar Flaps															
		Medir Compressão Cilindros															
		Recolha de Óleo para Análise															
		Remover Velas Int.															
		Colocar Aeronave em Macacos															
		Teste Trem + Flaps															
		Verificação Folgas Trem															
		EM - Coordenar com EA															
		Rem. Blindagens + Janelas Insp. + Pontas Asas + Flaps															
		Desligar Antenas + Metaizações															
		Desligar Magneto															
		Desmontar Rede de Ignição para Criar Acessos															
		Retirar Aeronave de Macacos															
		Rolagem Aeronave para Placa Lavagem															
		Esvaziar Óleo Motor															
		Remover Filtro Cartucho															
		Insp. Injetores + Tubagem Combustível															
		Remover Prato do Filtro															
		Insp. Bloco Injeção + Filtro Ar															
		Elaborar Cartas SIAGFA p/ Óleo + Filtro Cartucho															
		Entregar Óleo + Filtro no APC															
		Insp. Válvula By-Pass															
		Rem. / Insp. / Instalar Bomba Mecânica Combustível															
		Inst. Prato do Filtro + Válv. By-Pass															
		Rem. / Lavar / Insp. / Instalar Válv. Esferas															
		Rem. / Insp. / Instalar Filtro Aspiração															
		Rem. / Insp. / Instalar Tubos Dreno de Óleo															
		Rem. / Insp. Cone do Hélice															
		Rem. / Lavar / Insp. Separador Ar-Óleo															
		Verif. / Limpar Tubagem Ligação Separador Ar-Óleo -> Carter															
		Rem. Defletoras Motor + Tampas Colaças															
		Insp. Válvulas e Balançoires															
		Inst. Tampas Colaças + Defletoras															
		Remover Regulador Hélice															
		Rem. / Insp. / Inst. Sonda EGT + Temp. Cilindros															
		Rem. / Insp. / Inst. Colectores + Silenc. Escape e Admissão															
		Rolagem Aeronave para Hangar															
		Rolagem Aeronave para Placa Lavagem															
		Lavagem Aeronave															
		Rolagem Aeronave para Hangar															
		Colocar Aeronave em Macacos															
		Rem. / Insp. Cone do Hélice															
		Pleno de Óleo															
		Remover Bateria															
		Rem. Suporte Captor Magnético															
		Rem. Viseira Traseira + Citar Acessos p/ NDIs															
		Remover Cadeiras															
		Insp. Boroscópica Parafuso do Eixo															
		Remover Consolas Manetes															
		Insp. Boroscópica Cilindros															
		Inst. Regulador Hélice															
		Remover Canopy															
		Remover Apólos Cadeiras p/ NDIs															
		Remover Bloco Travões															

Figura 5.27 – Elemento de gestão visual da inspeção P2+VCM

KIT ROTÁVEL							
CONE DO HÉLICE							2
ITEM	stock	NOMENCLATURA	P/N	NNA	Qt.	Localização	Qt. Forn.
		CONE DO HÉLICE	?	?	1		
		Parafusos cone	?	?	14		
		Anilha	?	?	14		

Figura 5.28 – Constituição do *kit* rotável para instalação do cone do hélice

Capítulo 6 – ANÁLISE DE RESULTADOS

“If you focus on results, you will never change. If you focus on change, you will get results.”

(Jack Dixon)

Neste capítulo serão apresentados e analisados, de forma quantitativa e qualitativa, os resultados decorrentes da implementação da filosofia de gestão *lean* nas acções de manutenção programada P1 e P2 da aeronave Epsilon TB-30.

Para esta análise consideram-se as quatro grandes inspecções que ocorreram no período compreendido entre 09 de Janeiro de 2013 e 14 de Março de 2013, realizadas pelas equipas de manutenção X (equipa que participou no EMR) e Y, tendo cada uma sido responsável pela concretização de duas acções de manutenção programada.

6.1. Análise que decorre da implementação do processo

A realização deste trabalho permitiu, de acordo com o intervalo de tempo disponível e com o calendário de inspecções, analisar e avaliar os resultados da implementação da metodologia de manutenção *lean* nas seguintes acções de manutenção programada:

- Aeronave N/C (D) – P1 + Vi1 - > de 09/1/2013 a 07/2/2013 (Equipa Y);
- Aeronave N/C (A) – P2 + Vi1 - > de 23/1/2013 a 20/2/2013 (Equipa X);
- Aeronave N/C (Q) – P1 + VCM - > de 14/2/2013 a 13/3/2013 (Equipa Y);
- Aeronave N/C (G) – P1 + Vi1 - > de 20/2/2013 a 14/3/2013 (Equipa X).

A análise de resultados apresentada será concretizada sob três pontos de vista:

- Quantitativa, ainda que limitada pelo factor tempo, mas que através da realização de um maior número de acções de manutenção irá permitir conferir um grau de confiança superior aos dados aqui apresentados;
- Qualitativa, na sua globalidade, no que diz respeito ao modo como decorreu o processo de implementação e a realização das acções de manutenção de acordo com a metodologia *lean*,
- Qualitativa, quanto ao grau de motivação/satisfação dos militares da MNT101 decorrente desta intervenção.

6.1.1. Análise quantitativa

A análise quantitativa, no que diz respeito aos resultados da avaliação das quatro inspecções programadas encontra-se expressa na Tabela 6.1. Os dados indicados estão organizados por número de cauda, por tipo de inspecção, por tipo de cartas (básicas e oriundas) e também por sectores de trabalho, contabilizando-se o número de dias, de horas.Homem (h.H), de avarias e de horas/avarias, valores estes que serviram como métricas para a comparação entre as quatro inspecções, entre si, bem como com as situações teóricas e pré-*lean*.

Da análise da Tabela 6.1 é possível inferir:

- Existe variação, nos tempos de inspecção (teóricos e pós-*lean*) em relação à média de dias do período pré-*lean*, não sendo conclusiva pela amostra;
- À excepção de duas das inspecções, o número de dias alcançados é inferior ao número de dias teóricos;
- Com excepção de um caso, e em relação à média de dias por inspecção, desde 2009 (ver Anexo B), o número de dias é inferior, sendo praticamente igual no caso da aeronave N/C (G) – P1+Vi1;
- Em relação à média de 2012, um caso é significativamente superior, um é idêntico e outro é inferior;
- Os tempos de processos concretizados, no período correspondente às inspecções *per si*, indicam a existência de alguma margem para uma futura optimização, na medida em que os cerca de três dias de trabalho oriundos das avarias, na sua globalidade e em termos de horas de trabalho, permitiram ainda assim concluir duas acções de manutenção num menor número de dias em relação ao valor teórico;

- A resolução de avarias, após completamento dos trabalhos da inspecção e até ao momento em que a aeronave é considerada pronta para a missão, representaram para as inspecções P1 um acréscimo médio de 6,3 dias de trabalho e para a P2+Vi1, 2,5 dias.

Comparando de uma forma mais abrangente as médias das avarias oriundas e da MOD alocada na sua resolução, entre o ano de 2012 (Anexo J) e o período pós-*lean*, identifica-se:

- Em média (2012) foram dispendidas cerca de 20:00 h.H (P1) e de 23:00 h.H (P2) em MOD, o que equivale aproximadamente a três e a quatro dias de trabalho, respectivamente.

Não sendo possível retirar conclusões imediatas quanto ao efeito da acção, mas tendo em consideração o número de avarias por inspecção e o tempo dispendido na sua reparação, poder-se-á acrescentar uma nova leitura de acordo com os dados apresentados na Tabela 6.2.

Da análise da Tabela 6.2 é possível concluir:

- Com excepção de uma inspecção (N/C (D) – P1 + Vi1), a variação entre o número de dias no período pós-*lean* em relação ao número de dias teóricos indicam a existência de ganhos no processo quanto aos tempos de imobilização das aeronaves, verificando-se uma situação idêntica na variação do número de dias entre os períodos pré e pós-*lean*;
- Há indícios de que o alcance dos benefícios conseguidos pela implementação da *lean maintenance* possam estar a ser dissimulados pelo aumento do número de avarias oriundas nas inspecções;
- A variação de avarias oriundas, entre os períodos pré e pós-*lean*, apresenta um acréscimo de 81,3%, encontrando-se este valor de acordo com a tendência de crescimento verificada nas pequenas inspecções (59%).

Este acréscimo relativamente ao número de avarias oriundas nas grandes inspecções e nas pequenas inspecções (ver sub-capítulo 2.3.2), na opinião do autor, poderia conduzir à realização de uma análise mais aprofundada, no sentido de identificar as suas possíveis causas.

Tabela 6.1 – Resumo dos resultados das inspeções

			MT3	MT4	ML0	MT8	MTT	QMA	Total	Total Insp. (horas)	Total Insp. (dias)	Nº Dias Teóricos	Média 2009 -> 2012 (dias)	Média 2012 (dias)
N/C (A)	P2 + Vi1	Insp. Célula	69:25:00	74:45:00	23:00:00	7:30:00		5:20:00	180:00:00	226:45:00	18,5	15,5	17,8	12
		Insp. Motor	33:30:00	9:50:00				3:25:00	46:45:00					
		Oriundas	13:15:00	5:00:00					18:15:00	245:00:00				
		Oriundas Após PC	13 4	3					16 4		2,5			
N/C (D)	P1 + Vi1	Insp. Célula	136:45:00	29:00:00	6:00:00	3:10:00		4:25:00	179:20:00	235:05:00	15	11,5	11,1	14,5
		Insp. Motor	32:55:00	20:15:00				2:35:00	55:45:00					
		Oriundas	19:55:00	7:00:00			8:00:00		34:55:00	270:00:00				
		Oriundas Após PC	10 9	3 2			3		16 11		4			
N/C (G)	P1 + Vi1	Insp. Célula	64:55:00	25:00:00	6:00:00	0:40:00		4:30:00	101:05:00	172:35:00	11	11,5	11,1	14,5
		Insp. Motor	49:00:00	18:00:00				4:30:00	71:30:00					
		Oriundas	3:40:00	0:00:00			0:00:00		3:40:00	176:15:00				
		Oriundas Após PC	3 3	3 2			0		6 5		6			
N/C (Q)	P1 + VCM	Insp. Célula	71:05:00	35:30:00	3:30:00	0:40:00		2:10:00	112:55:00	181:15:00	11	12,5	13	-
		Insp. Motor	40:40:00	24:30:00				3:10:00	68:20:00					
		Oriundas	0:20:00	21:00:00			1:00:00		22:20:00	203:35:00				
		Oriundas Após PC	1 8	6 9			1		8 17		9			

Tabela 6.2 – Variação do número de dias e de avarias oriundas entre a situação pré-*lean* e pós-*lean*

	Pré- <i>lean</i> (Média)			Pós- <i>lean</i>		Variação		
Aeronave => Inspeção	Nº Dias	Oriundas	N.º Dias Teóricos	Nº Dias	Oriundas	Nº Dias Teóricos/Pós-	Nº Dias Pré/Pós- <i>Lean</i> (**)	Oriundas Pré/Pós- <i>Lean</i>
N/C (D) => P1 + Vi1 (*)	11,1	5,8	11,5	15,0	16,0	30,4%	35,1%	175,9%
N/C (G) => P1 + Vi1	11,1	5,8	11,5	11,0	6,0	-4,3%	-0,9%	3,4%
N/C (Q) => P1 + VCM	13,0	5,0	12,5	11,0	8,0	-12,0%	-15,4%	60,0%
N/C (A) => P2 + Vi1	17,8	8,6	15,5	18,5	16,0	19,4%	3,9%	86,0%

(*) – Durante o decorrer da inspeção foi detectado um número de avarias consideravelmente superior em relação à média de oriundas para o tipo de inspeção P1+Vi1;

- Principais avarias detectadas: rebites aluídos, colector de escape danificado, caixa de ar com folga excessiva nos tirantes, folgas e amplitudes das superfícies de voo, equipamentos de rádio navegação;
- A inexistência de dois artigos implicou a paragem dos trabalhos durante dois dias; estas faltas resultam, de uma incorrecta previsão do material, mas sim dos tempos associados à aquisição e entrega do mesmo.

(**) – Como referido anteriormente no sub-capítulo 6.1, cada uma das equipas de manutenção, X e Y, realizaram duas das quatro acções de manutenção programadas que decorreram no período de análise;

- Uma das vantagens da implementação da filosofia *lean* nos processos, verifica-se ao nível do incremento da eficiência através da ocorrência dos denominados benefícios por repetição de tarefas, os quais podem ser observados ao fim de sete a nove repetições; neste estudo, em concreto, a constatação do alcance destes benefícios é dificultado pelo número de combinações possíveis de inspeções de célula e de motor (6) e pela dimensão da amostra analisada, no período de realização da presente dissertação.

6.1.2. Análise qualitativa ao processo de implementação e à realização de inspecções com metodologia lean

Os resultados obtidos sob o ponto de vista qualitativo respeitante à análise do processo de implementação da metodologia *lean* nas inspecções P1 e P2 são apresentados na Tabela 6.3, os quais compreendem:

- Avaliação do evento de melhoria rápida;
- Avaliação da metodologia A3-PDCA;
- Avaliação de intangíveis.

No que diz respeito à análise qualitativa das quatro inspecções realizadas, os resultados são apresentados na Tabela 6.4, a qual reflecte:

- Avaliação da fase preparatória da inspecção;
- Avaliação da inspecção;
- *Debriefing* da inspecção.

Tabela 6.3 – Análise qualitativa do processo de implementação de técnicas *lean* nas inspecções P1 e P2

ANÁLISE QUALITATIVA DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS <i>LEAN</i> – INSPECÇÕES P1 E P2	
<p>- <u>Avaliação do EMR</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - O EMR correu de forma muito fluida, espontânea e natural, resultado de uma equipa de facilitadores experientes, devidamente preparados e com provas dadas na implementação da metodologia <i>lean</i> em outras frotas, bem como pelo facto da equipa da MNT101 ser conhecedora desta filosofia e de existirem elevadas e reconhecidas sinergias entre os seus elementos; - Na opinião do autor, a sequência do evento, constitui-se por cinco momentos, os quais têm uma lógica e um propósito, com vista à obtenção dos resultados pretendidos; - O reconhecimento das competências e da experiência dos facilitadores, para liderarem o evento; - A importância da presença da estrutura de Comando da BA1 durante o evento como elemento motivador e de comprometimento com o trabalho que ia ser realizado; - A experiência e conhecimento/domínio da temática <i>lean</i> por parte dos facilitadores da DMSA e da equipa da MNT101 foi, sem margem para dúvidas, um factor chave para os resultados obtidos; - Destaca-se a motivação da equipa da MNT101, ao longo do evento, bem como a interacção entre cada um dos seus elementos, fruto do trabalho conjunto que realizaram entre 2010 e 2011 e dos resultados que alcançaram nas acções de manutenção de 3º escalão - IRANs; o conhecimento mútuo é importante para o desenvolvimento do processo em si, uma vez que poderá ser um elemento facilitador da comunicação e no estabelecimento de sinergias para se alcançarem os resultados pretendidos; - A importância da análise e identificação de desperdícios antes do mapeamento da situação futura, foi um elemento que criou a oportunidade da mudança e o acreditar que a optimização dos recursos e a diminuição dos tempos de inspecção eram concretizáveis; - A atribuição de tarefas do plano de acção a pessoas específicas e com tempos definidos para a sua concretização geraram comprometimento com o processo e para com os resultados do mesmo; através do comprometimento mútuo, existe uma aceitação das tarefas e não uma imposição das mesmas.

Tabela 6.3 – Análise qualitativa do processo de implementação de técnicas *lean* nas inspecções P1 e P2 (continuação)

ANÁLISE QUALITATIVA DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS <i>LEAN</i> – INSPECÇÕES P1 E P2	
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Avaliação da Metodologia A3-PDCA</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento de gestão que permitiu obter a visão estratégica do processo e o alinhamento com a gestão de topo, bem como o acompanhamento de todas as suas etapas (ex.: o <i>debriefing</i> ao dDMSA, abordado anteriormente na Tabela 5.11, recorreu à apresentação dos Quadros 1 a 7 desta metodologia) e que reuniu, num único documento, os princípios da metodologia <i>Plan, Do, Check, Act/Ajust</i> na implementação da filosofia <i>lean</i> nas inspecções P1 e P2; - A condensação de toda a informação num único documento, desde a identificação do problema e da situação actual, passando pela análise de lacunas e pela identificação das soluções, até à apresentação de resultados, é considerada pelo autor como uma ferramenta de indubitável valor para este tipo abordagens que visam a obtenção de melhorias, num curto espaço de tempo; - Esta implementação pode ser considerada também como uma avaliação prática do “<i>Manual táctico de implementação de lean management na Força Aérea</i>” (Ribeiro, 2012), que obteve, na opinião do autor, o reconhecimento da importância que desempenha, não apenas ao nível das melhorias que se alcançam nos EMR, mas sobretudo como elemento facilitador e motivador para a concretização de novos projectos.
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Avaliação de intangíveis</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da visibilidade da MNT101 no seio da FAP e que no âmbito das intervenções <i>lean</i> que têm vindo a ser desenvolvidas e que a posicionam como a segunda manutenção, logo depois da frota F-16, que mais tem apostado e investido na optimização de recursos e de processos de manutenção; - Existência de ganhos nas restantes frotas intervencionadas pela MNT101, na medida em que têm beneficiado, através de boas práticas de <i>benchmarking</i>, das acções que têm sido realizadas na frota Epsilon (ex.: constituição de <i>kanbans</i> e de <i>kits</i> de inspecção e de <i>overhaul</i>); - Existência de tratamento de dados das inspecções e que permitem identificar e conhecer com rigor os motivos que condicionam o número de aeronaves prontas (domínio do processo através do seu conhecimento); - A operação das frotas intervencionadas pela MNT101 representam 40% do regime de esforço realizado pela Força Aérea, o que tem motivado nesta manutenção a percorrer o caminho da melhoria contínua, da agilização e optimização de processos para que continue a ser possível abraçar outros projectos, tais como a recuperação de duas aeronaves FTB para a Força Aérea Moçambicana no âmbito da cooperação técnico-militar.

Tabela 6.4 - Análise qualitativa à realização de inspecções P1 e P2 com metodologia *lean*

ANÁLISE QUALITATIVA À REALIZAÇÃO DE INSPECÇÕES P1 E P2 COM METODOLOGIA <i>LEAN</i>	
<p>- <u>Aeronave N/C (D)</u> (P1 + Vi1) 09/1/2013 - > 07/2/2013 (Equipa Y)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Fase preparatória da inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Primeira aeronave a ser intervencionada de acordo com os princípios <i>lean</i>; · Realização de uma reunião (conduzida pelo autor) prévia à inspecção onde estiverem presentes todos os elementos, dos diversos sectores, que iriam trabalhar na aeronave e que teve como objectivo a contextualização do processo aos técnicos que não participaram no EMR; · Nesta reunião salientaram-se ainda os resultados e os benefícios que têm vindo a ser alcançados pela MNT101; · Foram evidenciados os resultados alcançados no <i>kaizen</i>, como forma de motivação e de comprometimento da equipa para com os objectivos do processo e resultados esperados; · Foi evidenciado, pelo autor, que o <i>lean</i> não impõe soluções e que este é um processo onde são as pessoas que propõe as soluções; é um processo feito por pessoas para pessoas; - <u>Durante a inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Realização de uma auditoria 6S (ver Figura 6.2) que obteve uma avaliação de 87,5% quanto ao grau e implementação; · Identificação de oportunidades de melhoria para otimizar a sequência das inspecções e os elementos de gestão visual; · Conhecimento prévio da inexistência de dois artigos de material que poderiam causar constrangimentos à realização da inspecção; · Substituição de material danificado (ex.: colector de escape); identificação e resolução de anomalias ao nível de folgas e amplitudes das superfícies de voo; · Cumprimento da sequência de inspecção no tempo previsto até ao período 19, a partir do qual e durante dois dias a falta de material motivou a paragem dos trabalhos; · Existência de alguma margem no processo que permitiu cumprir no tempo previsto a sequência da inspecção, apesar da detecção e resolução de algumas anomalias.

Tabela 6.4 - Análise qualitativa à realização de inspecções P1 e P2 com metodologia *lean* (continuação)

ANÁLISE QUALITATIVA À REALIZAÇÃO DE INSPECÇÕES P1 E P2 COM METODOLOGIA LEAN	
<p>- <u>Aeronave N/C (D)</u> (P1 + Vi1) 09/1/2013 - > 07/2/2013 (Equipa Y) (continuação)</p>	<p>- <u>Debriefing da inspecção:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Implementado o papel do elemento responsável pela avaliação das tarefas a realizar em cada dia de trabalho; · Validação da deslocação única da aeronave à placa de lavagem; · Identificada a oportunidade de melhoria, no âmbito da formação, para inclusão no programa do curso de qualificação em célula e motor, de um módulo dedicado à lavagem da aeronave; · Continuar a pesquisa de soluções para o isolamento das fichas do trem de aterragem (ex.: identificar no mercado outros produtos que conferir um grau de isolamento superior); · Introdução, na <i>waterfall</i>, do campo “<i>Tarefas Executadas e Validadas</i>”, melhorando o anterior “<i>Tarefa Executada</i>” (esta sugestão surgiu do facto da tarefa ter sido cumprida mas não validada pelo inspector de produção, tendo-se dado inicio à realização de outras tarefas, sem que de facto tal pudesse ter acontecido, e que originou o <i>rework</i> de algumas acções; · A falta de material originou a paragem da inspecção durante dois dias; · Referida a importância de rever e actualizar o IPA de acordo com a sequência optimizada.
<p>- <u>Aeronave N/C (A)</u> (P2 + Vi1) 23/1/2013 - > 20/2/2013 (Equipa X)</p>	<p>- <u>Fase preparatória da inspecção:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Realização de uma reunião preparatória (conduzida pelo autor), realizada uma semana antes da data prevista para inicio da inspecção, em que estiveram presentes elementos de todos os sectores da manutenção, com o objectivo de avaliar a realização de trabalhos adicionais e a resolução de algumas avarias inscritas na caderneta do avião; · Nesta reunião procedeu-se à contextualização do processo, uma vez que esta inspecção iria ser realizada por uma equipa que não tinha participado no EMR, o que representou um oportunidade de avaliação prática do trabalho desenvolvido; · Nesta reunião salientaram-se ainda os resultados e os benefícios que têm vindo a ser alcançados pela MNT101; · Foram evidenciados os resultados alcançados no <i>kaizen</i>, como forma de motivação e de comprometimento da equipa para com os objectivos do processo e resultados esperados; · Foi evidenciado, pelo autor, que o <i>lean</i> não impõe soluções e que este é um processo onde são as pessoas que propõe as soluções; é um processo feito por pessoas para pessoas.

Tabela 6.4 - Análise qualitativa à realização de inspecções P1 e P2 com metodologia *lean* (continuação)

ANÁLISE QUALITATIVA À REALIZAÇÃO DE INSPECÇÕES P1 E P2 COM METODOLOGIA <i>LEAN</i>	
<p>- <u>Aeronave N/C (A)</u> (P2 + Vi1) 23/1/2013 - > 20/2/2013 (Equipa X) (continuação)</p>	<p>- <u>Durante a inspecção:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Realização de uma auditoria 6S (ver Figura 6.2) que obteve uma avaliação de 87,5% quanto ao grau e implementação; · Identificação de oportunidades de melhoria para optimização da sequência das inspecções; · Identificação de uma avaria na perna do trem principal que motivou a sua substituição, o que representou cerca de três dias de trabalhos adicionais; · Necessidade de canibalização de um equipamento de rádio-navegação; · Alocação de recursos para a realização de uma inspecção em outra frota; · Frequência de uma acção de formação, com duração de dois dias, por dois elementos da equipa. <p>- <u>Debriefing da inspecção:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Bom encadeamento das tarefas; · Boa coordenação e comunicação entre os sectores de trabalho, resultado da introdução dos pontos de comunicação; · Registo do trabalho efectuado permitiu que outros elementos dessem continuidade ao trabalho realizado, a partir, exactamente, do período em que a inspecção se encontrava; · Identificação de benefícios no que diz respeito à percepção global do trabalho já realizado e por realizar.

Tabela 6.4 - Análise qualitativa à realização de inspecções P1 e P2 com metodologia *lean* (continuação)

ANÁLISE QUALITATIVA À REALIZAÇÃO DE INSPECÇÕES P1 E P2 COM METODOLOGIA <i>LEAN</i>	
<p>- <u>Aeronave N/C (Q)</u> (P1 + VCM) 14/2/2013 - > 13/3/2013 (Equipa Y)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Fase preparatória da inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Realização da reunião preparatória centrada no tipo de inspecção e nos trabalhos a realizar; · Em virtude do conhecimento e do contacto com a filosofia <i>lean</i>, decorrido da realização das inspecções anteriores, foi salientado, durante a reunião, o contributo que cada um dos elementos da equipa pode dar ao grupo (MNT101) pela identificação de oportunidades de melhoria que visem constantemente a adição de valor ao processo, através da eliminação de desperdícios. - <u>Durante a inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Cumprimento de um <i>Service Bulletin</i> adicional (3 horas de trabalho); · Espera de um dia por um equipamento sujeito a calibração externa à MNT101; · Surgimento de avarias durante a fase final da inspecção (<i>Run-up</i>). - <u>Debriefing da inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Na sua globalidade, foram referenciados os mesmos constrangimentos e benefícios das inspecções anteriores.

Tabela 6.4 - Análise qualitativa à realização de inspecções P1 e P2 com metodologia *lean* (continuação)

ANÁLISE QUALITATIVA À REALIZAÇÃO DE INSPECÇÕES P1 E P2 COM METODOLOGIA LEAN	
<p>- <u>Aeronave N/C (G)</u> (P1 + Vi1) 20/2/2013 - > 14/3/2013 (Equipa X)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Fase preparatória da inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Realização da reunião preparatória centrada no tipo de inspecção e nos trabalhos a realizar; · Em virtude do conhecimento e do contacto com a filosofia <i>lean</i>, decorrido da realização das inspecções anteriores, foi salientado, durante a reunião, o contributo que cada um dos elementos da equipa pode dar ao grupo (MNT101) pela identificação de oportunidades de melhoria que visem constantemente a adição de valor ao processo, através da eliminação de desperdícios. - <u>Durante a inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Realização, por amostragem, da denominada análise fina ao processo, com vista à identificação dos momentos de valor e de desperdício existentes (ver Figura 6.1); · Identificação de oportunidades de melhoria para optimização da sequência das inspecções; · Salienta-se que no período 17 da inspecção já haviam sido cumpridas todas as cartas correspondentes, até ao período 21, o que representa um avanço de dois dias em relação ao planeado; · O impacto do reduzido número de avarias oriundas foi sensivelmente nulo; · Testes de <i>Run-up</i> decorram sem problemas. - <u>Debriefing da inspecção:</u> <ul style="list-style-type: none"> · Na sua globalidade, foram referenciados os mesmos constrangimentos e benefícios das inspecções anteriores.

No âmbito da avaliação qualitativa realizada no sentido de proporcionar um maior conhecimento e domínio sobre o processo, foi ainda realizada, por amostragem aleatória, durante a inspecção da aeronave N/C (G) a denominada análise fina ao processo que consiste na identificação dos momentos de valor, não valor, movimentações e esperas em cada período de trabalho, conforme se apresenta na Figura 6.1.

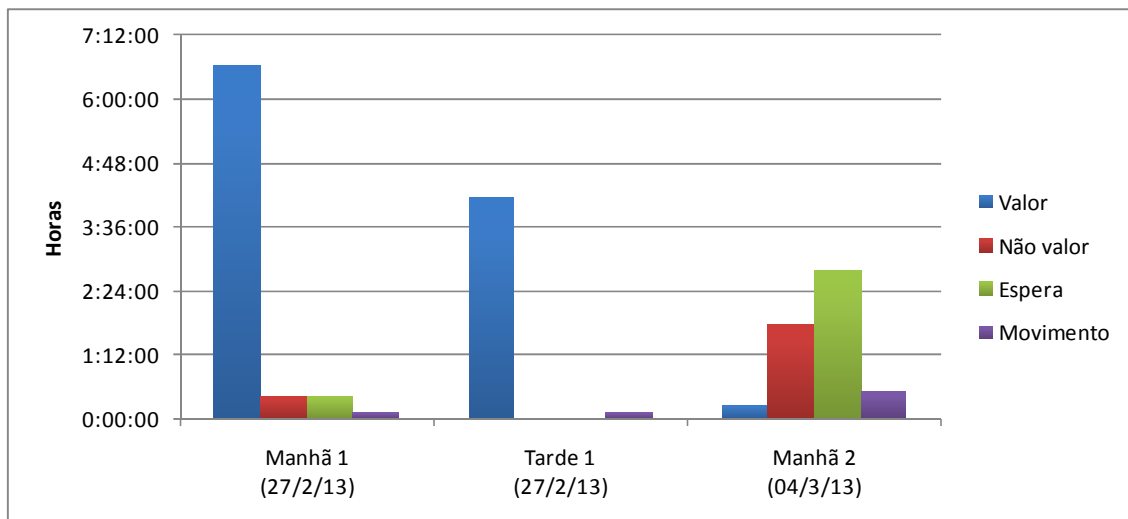


Figura 6.1 – Análise dos momentos de valor e de desperdícios

Para uma melhor compreensão da Figura 6.1, salienta-se que os períodos analisados correspondem a 3 horas/cada. Pela observação e análise da Figura 6.1, verifica-se:

- A optimização das sequências de trabalho e agregação de tarefas em paralelo permitiram concretizar no primeiro período mais de seis horas de trabalho efectivo, num período de três horas;
- A realização de tarefas em simultâneo possibilitou a produção de mais quatro horas de trabalho, no segundo período;
- Nos dois primeiros períodos, a globalidade das tarefas realizadas adicionaram valor ao processo (ex.: montar rodas de trem de nariz e de trem principal em *backshop*);
- No segundo período, o desperdício identificado foi praticamente nulo;
- No terceiro período os momentos de espera e de não valor ficaram a dever-se às condições meteorológicas que impossibilitaram a realização do *Run-up* (espera) e ao tempo dispendido no fecho de cartas de trabalho em SIAGFA (não valor).

Uma das ferramentas que permite obter uma maior visibilidade da transformação *lean* consiste na aplicação da filosofia 6S ao espaço de trabalho. Ainda que as docas de trabalho estejam organizadas de acordo com os seis princípios, desde a primeira intervenção em 2010, foram realizadas três auditorias 6S: uma no âmbito do EMR e as restantes no decorrer das inspecções às aeronaves N/C (D) e (A), nos dias 10/1/2013 (doca de trabalho n.º 2) e 30/1/13 (doca de trabalho n.º 1), respectivamente. Os resultados dessas auditorias são apresentados através da Figura 6.2.

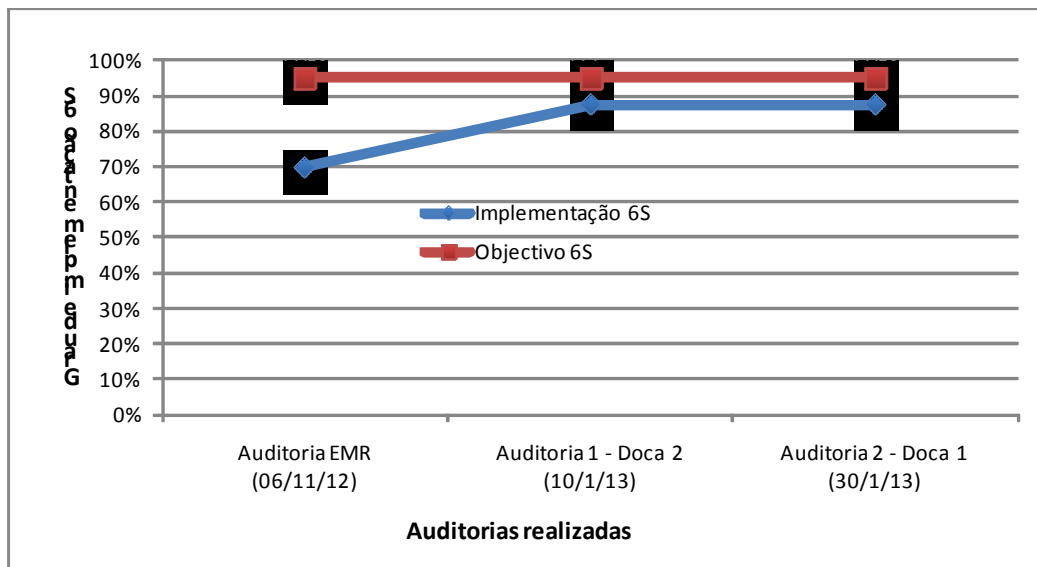


Figura 6.2 - Resultado das auditorias 6S

Analisando a Figura 6.2, é possível aferir:

- Desde a realização da auditoria 6S, no âmbito do EMR, verifica-se que o grau de implementação evoluiu dos 70% para os 87,5%;
- A evolução deve-se, sobretudo, à implementação e afixação dos elementos de gestão visual (*waterfalls*) para as inspecções P1 e P2;
- O diferencial ainda existente, em relação ao valor ideal de 95%, está relacionado com a inexistência de elementos de gestão visual afixados nas docas de trabalho, onde estejam definidas as normas e tarefas para manter a área de trabalho limpa e ordenada.

A concretização deste último ponto tem sido adiada devido aos imperativos operacionais associados ao cumprimento da missão atribuída à MNT101 e à E101, estando agendada a intervenção 6S para o mês de Maio do corrente ano.

Neste evento, a realizar durante o mês de Maio do corrente ano, e para além da implementação de elementos visuais contendo as normas e tarefas para manter a área de trabalho limpa e ordenada serão também concretizadas um conjunto de oportunidades de melhoria já identificadas, não apenas nas docas de trabalho em si, mas também em algumas aéreas circundantes às mesmas.

6.1.3. Análise qualitativa do grau de motivação/satisfação dos militares da MNT101

A avaliação do grau de motivação/satisfação foi aferido através do desenvolvimento, por parte do autor, de um questionário composto por 10 questões, elaboradas especificamente para o âmbito da intervenção *lean* às inspecções P1 e P2.

Este questionário foi aplicado, por via informática, a 19 militares da MNT101 (Epsilon), apresentando-se no Anexo K, o resultado dos oito inquéritos respondidos e a respectiva avaliação obtida em cada uma das questões.

A Figura 6.3 apresenta os resultados da análise de dados quanto ao grau de satisfação decorrente da implementação da filosofia *lean* nas acções de manutenção programadas P1 e P2.

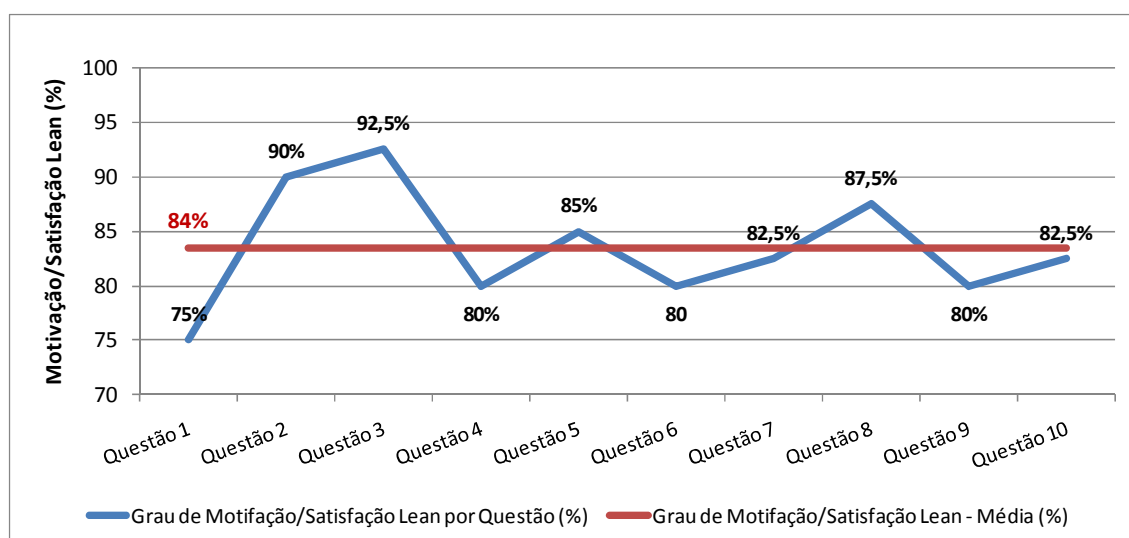


Figura 6.3 – Análise da satisfação decorrente da implementação da metodologia *lean* nas inspecções P1 e P2

Pela análise da Figura 6.3 constata-se que a totalidade dos inquiridos estão satisfeitos com a implementação da filosofia *lean* nas acções de manutenção programada, variando o seu grau de motivação/satisfação entre os 75% e os 92,5%. No que diz respeito à globalidade do questionário foi possível observar um grau de satisfação de 84%, o que, na opinião do autor, reflecte:

- A percepção e reconhecimento da valorização do aproveitamento potencial humano;
- Cada elemento sente que é parte integrante de um processo global e colectivo de melhoria contínua;
- Boa receptividade, aceitação e foco na filosofia de melhoria contínua;
- Foco no cumprimento da missão;
- Capacidade de adaptação.

Do ponto de vista de uma análise macro, dos factores que intrinsecamente contribuem para os elevados índices de motivação/satisfação dos efectivos na MNT101, destacam-se:

- A percepção de cada elemento da importância que o seu trabalho desempenha para a diminuição dos custos de operação/manutenção e para o aumento da qualidade do trabalho realizado;
- Consciencialização de que cada oportunidade de melhoria identificada e implementada pode e tem contribuído para diminuição dos custos de operação/manutenção, através da eliminação de desperdícios;
- Maior consciencialização da importância do valor do trabalho realizado para o erário público;
- O trabalho de liderança desenvolvido na concretização de um maior envolvimento dos recursos humanos para os resultados alcançados;
- O reconhecimento que tem sido manifestado pela gestão de topo face ao trabalho que diariamente é desenvolvido na MNT101 e que tem sido referenciado como um exemplo de Excelência no seio da manutenção aeronáutica militar e civil, só possível pelo brio, pelo decoro, pelo orgulho e pela dedicação depositados na concretização de cada tarefa.

Concluída a implementação, documentação e avaliação da aplicação da metodologia *lean* nas acções de manutenção programada P1 e P2 da aeronave Epsilon, apresentam-se de forma gráfica na Figura 6.4 uma síntese dos resultados da intervenção. A Figura 6.5 apresenta uma introspecção da equipa quanto ao trabalho desenvolvido, bem como uma foto da equipa como forma de reconhecimento pelos resultados alcançados.

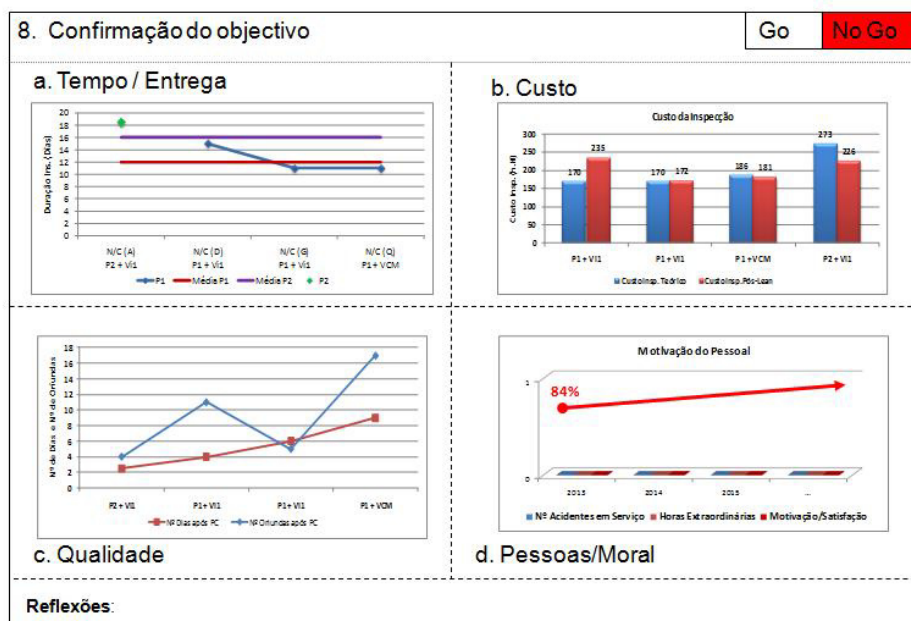


Figura 6.4 – Confirmação do objectivo (Quadro 8)

9. Introspecção Go No Go

<p>Ações:</p>	<p>O que correu bem?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motivação e empenho da equipa - Boa comunicação entre equipas; - Experiência dos facilitadores; - Troca de ideias e experiências; - Boa participação; - 1 Ida da aeronave à Placa de Lavagem. 	<p>O que não correu bem?</p>
<p>Foto da equipa</p>	<p>O que ajudou?</p> <ul style="list-style-type: none"> - A equipa do EMR já tinha trabalhado em conjunto na montagem de 3 IRAN's. 	<p>O que dificultou?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imperativos operacionais não permitiram alocar mais recursos humanos.
<p>Reflexões:</p>		

Figura 6.5 – Introspecção (Quadro 9)

Analisados os resultados da implementação de *lean maintenance* nas inspecções P1 e P2 da aeronave Epsilon TB-30, o próximo capítulo apresentará as conclusões da presente dissertação, bem como algumas recomendações e sugestões para desenvolvimento de trabalho futuro.

Capítulo 7 – CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E TRABALHO FUTURO

“This work is not only the end of the former lean maintenance project, but also the beginning of a new lean maintenance project”.

(Tao Qiang)

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, conducente à implementação, documentação e avaliação da aplicação da filosofia de manutenção *lean* nas acções de manutenção programada - P1 e P2 da aeronave Epsilon TB-30, intervencionada pela Manutenção da Esquadra 101, bem como, no âmbito da liberdade académica, algumas sugestões, recomendações e propostas para trabalho futuro.

Esta intervenção veio confirmar os resultados expectáveis quanto à implementação da metodologia *lean* nas inspecções P1 e P2, na medida em que possibilitou a adição de valor ao processo, em particular, e para a Força Aérea em geral, reflectida pelo aumento da capacidade de manutenção efectiva disponibilizada pela MNT101 para o cumprimento da missão. Este aumento da capacidade efectiva, expresso através do valor tempo, resulta da optimização dos fluxos associados aos processos de manutenção, conseguido através da identificação e eliminação de momentos e de tarefas de não adição de valor.

Quanto aos resultados da implementação da filosofia *lean maintenance* às inspecções P1 e P2 é possível concluir:

- Em função dos objectivos propostos:
 - Identificação da melhor sequência de trabalho para as acções de manutenção programada, permitindo otimizar o fluxo da cadeia de valor e o potencial de mão-de-obra directa disponível, nomeadamente ao nível dos recursos humanos afectos ao Sector de Electroaviónicos, bem como conferir maior disponibilidade e previsibilidade para a concretização de outras inspecções e de resolução de avarias;
 - Definição de um *takt time* para cada tipo de inspecção;
 - Concepção e implementação de instrumentos de gestão visual (*waterfalls*) nas docas de trabalho para as inspecções P1 e P2;
 - Identificação, pela realização de auditorias 6S, de oportunidades de melhoria quanto à aplicação desta ferramenta nas docas de trabalho e respectivas áreas circundantes (implementação prevista para o mês de Maio do corrente ano);
 - Desenvolvimento e aplicação de um questionário de aferição do grau de satisfação/motivação quanto à implementação da filosofia *lean* nas acções de manutenção programada P1 e P2.
 - Avaliação dos resultados da implementação de *lean thinking* nas Pequenas Inspecções, através da análise de 141 acções de manutenção programada.
- Quantitativamente:
 - Os benefícios decorrentes da intervenção, ainda que na perspectiva teórica, indicam uma diminuição do tempo de imobilização na ordem dos 20%;
 - A variação do número de dias de inspecção entre os períodos pré-*lean* e pós-*lean* foi de 5,7%;
 - A existência de um acréscimo do número de avarias registadas nas inspecções (variação média de 81,3%), podendo este facto estar a dissimular os resultados da implementação;

- O aumento do número de avarias, acrescido da redução de mecânicos qualificados, por passagem à disponibilidade de serviço, representou um decréscimo de MOD qualificada, a qual só conseguirá ser reposta com o decorrer do tempo; desta situação, da qual resultou certamente um decréscimo de produtividade, pode também ter contribuído para que o resultado do número de dias não tenha uma evidência tão expressiva;
- A existência de elevada previsibilidade na concretização das sequências de trabalho das inspecções até ao início da fase de testes (*Run-up*), momento este a partir do qual se caracteriza pela variabilidade quanto ao tempo estimado para finalização dos trabalhos de manutenção;
- Em duas acções de manutenção programada as avarias oriundas não penalizaram o número de dias previstos para a inspecção, facto este que revela a existência de ganhos no processo e que se apresenta como um indicador que poderá conduzir à implementação futura de outras oportunidades de melhoria;
- Os bons desempenhos alcançados são também explicados pela aposta da MNT101 no *cross-training* entre elementos das equipas do segundo e terceiro escalões de manutenção, bem como pela familiarização anterior com os princípios e métodos de trabalho da filosofia *lean*;
- Para cada uma das quatro acções de manutenção analisadas o tempo associado à resolução de avarias em relação ao número de dias da inspecção, correspondeu:
 - Aeronave N/C (D) – P1 + Vi1 => 15 dias em inspecção ≈ 6 dias para resolução de avarias (≈ 38% do tempo total da inspecção);
 - Aeronave N/C (A) – P2 + Vi1 => 18,5 dias em inspecção ≈ 3 dias para resolução de avarias (≈ 16% do tempo total da inspecção);
 - Aeronave N/C (Q) – P1 + VCM => 11 dias em inspecção ≈ 3,5 dias para resolução de avarias (≈ 33% do tempo total da inspecção);
 - Aeronave N/C (G) – P1 + Vi1 => 11 dias em inspecção ≈ 0,5 dias para resolução de avarias (≈ 5% do tempo total da inspecção);

- Para cada uma das quatro acções de manutenção analisadas o acréscimo de tempo associado à resolução de avarias, desde o completamento dos trabalhos da inspecção até ao momento em que a aeronave foi considerada pronta para o cumprimento da missão, correspondeu a:
 - Aeronave N/C (D) – P1 + Vi1 => 15 dias em inspecção => 4 dias após inspecção para resolução de avarias (acrécimo de $\approx 35\%$ ao tempo de inspecção);
 - Aeronave N/C (A) – P2 + Vi1 => 18,5 dias em inspecção => 2,5 dias após para resolução de avarias (acrécimo de $\approx 13,5\%$ ao tempo de inspecção);
 - Aeronave N/C (Q) – P1 + VCM => 11 dias em inspecção => 9 dias após para resolução de avarias (acrécimo de $\approx 82\%$ ao tempo de inspecção);
 - Aeronave N/C (G) – P1 + Vi1 => 11 dias em inspecção => 6 dias após para resolução de avarias (acrécimo de $\approx 54,5\%$ ao tempo de inspecção);
 - O grau de motivação/satisfação dos elementos da MNT101, na globalidade de parâmetros avaliados, quanto à implementação da filosofia *lean* nas acções de manutenção programada P1 e P2 é de 84%.
- Qualitativamente:
 - O “*Manual Tático de Implementação de Lean Management na Força Aérea Portuguesa*” (Ribeiro, 2012) revelou-se como um documento da maior importância, afirmando-se como um elemento facilitador e condutor desta implementação;
 - A aplicação da metodologia A3-PDCA permitiu alcançar o alinhamento da visão estratégica desde a gestão de topo, passando pela estrutura de Comando até aos elementos das equipas de manutenção;
 - A contribuição desta implementação para a melhoria do manual tático, através da elaboração do fluxograma do processo, o qual pode ser aplicado em intervenções futuras; pela constatação/definição da divisão do EMR em cinco principais momentos; pela descrição de cada um dos momentos, de forma esquemática e em forma de tabelas, valorizando a transmissão concisa da informação;

- O contributo dos facilitadores e o comprometimento da gestão de topo, da estrutura de Comando da BA1 e do Oficial de Manutenção da Esquadra 101 para a motivação observada por parte da equipa participante no evento;
- O desenvolvimento e a implementação dos elementos de gestão visual têm proporcionado um maior contributo e acompanhamento do trabalho realizado nas inspecções, permitindo também o estabelecimento de uma maior ligação e comunicação entre os elementos dos diversos sectores;
- A motivação/satisfação dos elementos das equipas de manutenção pela aplicação da filosofia *lean* às acções de manutenção programadas;
- A importância da divulgação dos resultados do evento à gestão de topo, à estrutura de Comando da BA1 e aos elementos da MNT101, embora ainda não tenha sido realizada mas que está prevista para o decorrer do mês de Maio do presente ano;
- A promoção e o reconhecimento da aposta da Força Aérea na incessante procura na adição de valor para os seus processos, através da eliminação de desperdícios;
- A constatação, por parte do autor, da inexistência de problemáticas na implementação da filosofia *lean*.

No decorrer do processo de implementação da metodologia *lean* nas inspecções P1 e P2, identificou o autor algumas oportunidades de melhoria, que poderiam constituir desenvolvimento de trabalho futuro:

- Pelos resultados desta intervenção, pela motivação e pelo interesse que esta metodologia tem suscitado na MNT101 e em outras frotas, resultados estes referenciados no trabalho, fará sentido dar continuidade ao projecto e à aposta na melhoria contínua, o que poderá pressupor a implementação de uma estrutura funcional responsável e dedicada;
- Da análise do número de dias de imobilização das aeronaves para a realização de acções de manutenção programada, verificou-se que o acréscimo do número de avarias oriundas nas inspecções, de alguma forma dissimulou a evidência dos resultados práticos obtidos, o que suscita a recomendação de estudo que possa esclarecer este aumento; faz-se notar que manifestações de opiniões diversas, recolhidas por entrevista, estão em consonância com esta evidência, das quais se destacam:
 - Condições meteorológicas;
 - Número de canibalizações.

- Introdução, na sequência otimizada das inspecções, de períodos exclusivamente dedicados à resolução de avarias oriundas com o objectivo de alcançar uma maior previsibilidade quanto aos tempos de imobilização das aeronaves;
- Realização de um EMR para estudo, análise e optimização da geração de saídas;
- Realização de um EMR para estudo, análise e optimização do circuito de material reparável;
- Apostar e investir na formação específica em *lean management*, de forma transversal a todos os níveis da hierarquia, dotando de adequadas competências os militares da FAP para que existam em todas as Unidades/Órgãos elementos formados que dêem continuidade ao processo de melhoria contínua e de mudança de cultural e que possibilitem à Força Aérea Portuguesa cumprir a sua missão, integralmente, de acordo com a filosofia *lean*.

Ciente dos desafios que iriam fazer parte deste “voo”, mas firme nos objectivos e na motivação para aplicar a metodologia *lean* à totalidade dos programas de manutenção da frota Epsilon TB-30, foi possível concretizar mais uma etapa no caminho da melhoria contínua e de Excelência na manutenção aeronáutica, preconizado na MNT101, fazendo jus ao lema de que “*Nada é permanente, salvo a mudança*”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bartholomew, J. (2010). *Lean Thinking in Aircraft Repair and Maintenance Takes Wing at FedEx Express*. Lean Enterprise Institute.

Brown, S. (2003). *Implementing Lean in Aerospace—Challenging the assumptions and understanding the challenges*. Technovation 23, Elsevier, pp 917-928.

Browning, T. (2009). *Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program*. Elsevier, Journal of Operations Management, Volume 27, pp 23-44.

Couper, H. (2004). *Lean Maintenance Maximizes Cost Savings*. The Society of Manufacturing Engineers, pp 16-17.

Cusumano, M. (1992). *Japanese Technology Management: Innovations, Transferability, and the Limitations of "Lean" Production*. M. I.T. Sloan School of Management.

Força Aérea Portuguesa (2010). *Conceito de Operações*. MFA 500-1, p 4-2.

Hicks, J. (2007). *Lean information management: Understanding and eliminating waste*. International Journal of Information Management, pp 233-249.

Hines, P., et al, (2000), *Going lean: a guide to implementation*. Cardiff Business School.

James, O. (2008). *Transforming Tinker*. Aviation Week.

Jenkins, M. (2002). *Getting Lean*. Boeing Frontiers, August 2002, Volume 01, Issue 04.

Kolanjiappan, S. (2011), *Lean Philosophy In Aircraft Maintenance*. Journal of Management Research and Development (JMRD), January – December, pp. 27-41.

Kovacheva, A. (2010). *Challenges in Lean Implementation*. Master Thesis. Aarhus School of Business, University of Aarhus.

Menezes, A. (2012). *Sustentação do Sistema de Armas F-16 – Lean Management e Planeamento de Rotáveis*. Trabalho Final do Estágio Técnico-Militar, Academia da Força Aérea.

Nanova, G. (2012). *Lean Manufacturing approach in Aircraft Maintenance, Repair and Overhaul*. Technical University of Sofia, pp 330-339.

Pettersen, J. (2012). *Defining Lean Production: Some conceptual and practical issues*. Linköping University, Sweden.

Pinto, J. (2007). *Toyota Production Sytem – A filosofia de um vencedor*. Comunidade Lean Thinking.

Pinto, J. (2008). *A criação de valor através da eliminação do desperdício*. Comunidade Lean Thinking.

Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean. A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Lidel, 3ª edição (ISBN 978-972-757-646-3).

Qiang, T. (2011). *A study on Military Equipment Lean Maintenance*. China Defense Science & Technology, Inf. Centre. pp 581-583 (ISBN 978-1-4577-1229-6).

Raymond, S. (2008). *The Role of Assessment in a Lean Transformation*. Master Thesis. M. I.T. Sloan School of Management.

Ribeiro, S. (2012). *Manual táctico para implementação de Lean Management na Força Aérea Portuguesa*. Relatório de Projecto. Comunidade Lean Thinking.

Rother, M., et al, (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminating MUDA*. The Lean Enterprise Institute.

Salvada, P. (2003). *F-16/MLU A Complexidade do Programa*. Revista Mais Alto nº 343, Força Aérea Portuguesa.

Salvada, P. (2008). *Metodologia A3 – PDCA*.

Salvada, P. (2010). *Aplicação da Gestão “Lean” à Cadeia de Abastecimento*.

Salvada, P. (2012), *F-16 com Gestão Lean*. Revista Mais Alto nº 400, Força Aérea Portuguesa.

Spear, S. (1999). *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review, pp 95-106.

Trent, R. (2009). *End-to-end Lean Management: A Guide to Complete Supply Chain Improvement*. J.Ross Publishing (ISBN: 978-1-932159-92-9).

Verma, A. (2004). *An Integrated Lean Implementation Model for Fleet Repair and Maintenance*. Naval Engineering Journal, Volume 116, Issue 4, pp 79-90.

Veza, I. (2011). *Lean Manufacturing Implementation Problems in Beverage Production Systems*. International Journal of Industrial Engineering and Management, Vol. 2 No.1, 2011, pp 21-26 (ISSN 2217-2661).

Walsh, D. (2008). *Lean Transformation of a Supply Chain Organization*. Master thesis. M. I.T. Sloan School of Management.

Womack, J., et al, (2004). *A Máquina que Mudou o Mundo*. Campus Editora, Rio de Janeiro (ISBN 85-352-1269-8).

Womack, J., et al, (2007). *The Machine that Changed the World*. Simon & Schuster, New York (ISBN 978-1-84737-055-6).

Womack, J., et al, (2003). *Lean Thinking*. Simon & Schuster, New York (ISBN 978-0-7432-3164-0).

Zwas, A. (2006). *Lean manufacturing techniques in bus and rail maintenance: study at Chicago Transit Authority in Illinois*. Transportation Research Record, pp 54-58 (ISBN 030909996X).

Arabe, K. (24 Junho 2004). *The Basics of Lean Manufacturing & Maintenance*. IMT. Acedido a 18 de Dezembro de 2012, em:
http://news.thomasnet.com/IMT/archives/2004/06/the_basics_of_l.html

Bjorn, K. (2008). *Lean Maintenance Methods at Lufthansa Technik*. Acedido a 09 de Fevereiro 2013, em:
<http://www.raes-hamburg.de/Downloads/LeanMaintenanceatLufthansaTechnik.pdf>

Blenkinsop, N. (2009). *BAE Systems*. The Shingo Prize. Acedido a 23 de Janeiro 2013, em:
<http://www.shingoprize.org/files/recipients/bronze/09-BAESystems.pdf>

Clarke, G. (2010). *Lean Maintenance – A Risk Based Approach*. Pharmaceutical Engineering. Acedido a 25 de Janeiro de 2013, em:
<http://www.dalkia.ie/ireland-energy/ressources/documents/1/13641,ISPE-approved-web-version-risk-bas.pdf>

Corbett, S., (24 Junho 2004). *Applying Lean in Offices, Hospitals, Planes, and Trains*. Apresentação. Lean Service Summit Amsterdam, McKinsey & Company. Acedido a 15 de Dezembro d 2012, em:

http://www.leanuk.org/downloads/LSS_2004/WS_Corbett.pdf

Hatman, J. (2008), *Fleet Readiness Center Southeast F/A-18 Center Barrel Replacement Plus Program*. The Shingo Prize. Acedido a 23 de Janeiro 2013, em:

<http://www.shingoprize.org/files/recipients/silvers/08-FRCSoutheast.pdf>

Hill, R. (2009). *The UH-60 720 Hour Phase Maintenance Inspection Project*. The Shingo Prize. Acedido a 23 de Janeiro 2013, em:

<http://www.shingoprize.org/files/recipients/bronze/09-ACLC-AFSFtRuckerAL.pdf>

Jansen, P. (2009). *Lufthansa Technik – Accelerate and Brake*. Lufthansa Training & Conference. Acedido a 11 de Janeiro de 2013, em:

<http://investor-relations.lufthansagroup.com/fileadmin/downloads/en/charts-speeches/LH-Lufthansa-Technik-2009-06-25-e.pdf>

Langer, C. (2008). *Benefits of Lean in Aviation Partnerships*. Acedido a 19 de Janeiro 2013, em:

http://www.leanflightinitiative.com/cms_uploads/lufthansa_rvsd.pdf

Miller, J. (2004). *TPS is the Thinking People System*. Acedido a 23 de Janeiro 2013, em:

http://www.gembapantarei.com/2004/12/tps_is_the_thinking_people_sys.html

MacDuffie, J. *International Motor Vehicle Program (IMVP)*. MIT Global. Acedido a 11 de Janeiro de 2013, em:

<http://global.mit.edu/projects/project/international-motor-vehicle-program-imvp/>

Mounts, L. (2012). *Lean Manufacturing Mindset Means Continuous Innovation at Boeing*. *Industry Week*. Acedido a 19 Janeiro 2013, em:

<http://www.industryweek.com/process-improvement/lean-manufacturing-mindset-means-continuous-innovation-boeing> ()

Orlov, L. (2006). *British Airways: A Case Study in Lean' IT*. IT Business Edge. Acedido a 23 de Janeiro 2013, em:

http://www.cioupdate.com/insights/article.php/11049_3767846_2/British-Airways-A-Case-Study-in-145Lean146-IT.htm

Smith, R., (2004), *What is Lean Maintenance?*. Maintenance Technology. Acedido a 10 de Dezembro de 2012, em:

<http://www.mt-online.com/component/content/article/116-october2004/912-what-is-lean-maintenance.html?directory=90>),

Warwick, G. (1999). *Lean Stories*. Flight Global. Acedido a 19 Janeiro 2013, em:

<http://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1999/1999%20-%202711.html?search=lean>

Warwick, J. (2007). *War on Waste*. Flight Global. Acedido a 25 de Janeiro de 2013, em:

<http://www.flightglobal.com/news/articles/war-on-waste-maintenance-212116/>

Weinberg, D. (2012). *US Hospitals Turn to Toyota for Management Inspiration*. Voice of America. Acedido a 25 de Janeiro de 2013, em:

<http://www.voanews.com/content/us-hospital-turns-to-toyota-for-management-inspiration--121165799/163553.html>

About Lean. Lean Thinking PTY Ltd. Acedido a 12 de Janeiro de 2013, em:

<http://www.leanthinking.info/aboutlean.html>

Benefits of Lean Manufacturing | Why Implementing Lean?. Lean Manufacturing Tools.

Acedido a 15 de Março 2013, em:

<http://leanmanufacturingtools.org/63/benefits-of-lean-manufacturing/>

Esquadra 101 – “Roncos. Esquadra 101. Acedido a 15 de Fevereiro de 2013, em:

<https://sites.google.com/site/roncos101/home/historial>

Global Benefits of F/A-18 Hornet Fleets: Keeping ‘Em Flying. Defense Industry Daily Staff.

Acedido a 15 de Janeiro 2013, em:

<http://www.defenseindustrydaily.com/f18-hornets-keeping-em-flying-02816/>

Leadership Key to Lean 6 Sigma. KLM Engineering & Maintenance. Acedido a 23 de Janeiro 2013, em:

http://www.leanflightinitiative.com/cms_uploads/klm_engineering.pdf

Lean History. Lean Advancement Initiative – Massachusetts Institute of Technology. Acedido a 17 de Janeiro de 2013, em:

<http://lean.mit.edu/about/history>

Lean Manufacturing. Pinnacle Strategies. Acedido a 11 de Janeiro 2013, em:

<http://pinnacle-strategies.com/lean-manufacturing.html>

Lean Manufacturing History. Strategos. Acedido a 15 de Janeiro 2013, em:
<http://www.strategosinc.com/kaizen.htm>

Lean Stories. Flight International. Acedido a 15 de Fevereiro 2013, em:
<http://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1999/1999%20-%202711.html?search=airframe%20makers>

Leveraging Lean. Aviation Maintenance. Acedido a 19 de Janeiro 2013, em:
http://www.lean.org.br/5_principos.aspx
<http://www.avm-mag.com/news/leveraging-lean>

Northern Engineering Gets SMART. Railway Strategies. Acedido a 25 de Janeiro de 2013, em:
<http://railwaystrategies.co.uk/article-page.php?channelid=100&contentid=3745&issueid=160>

Os 5 Princípios do Lean Thinking. Lean Institute Brasil. Acedido a 21 de Janeiro de 2013, em:
http://www.lean.org.br/5_principos.aspx

The Shingo Prize. The Shingo Prize. Acedido a 15 de Janeiro de 2013, em:
<http://www.shingoprize.org/the-shingo-prize.html>

Toyota passa GM e torna-se na maior montadora do mundo. Acedido em 15 de Janeiro 2013, em:
<http://www.zap.com.br/revista/carros/ultimas-noticias/toyota-passa-gm-e-torna-se-a-maior-montadora-do-mundo-20090122/>

Toyota Recupera Liderança. Acedido a 12 de Janeiro de 2013, em:
<http://pt.euronews.com/2012/11/05/toyota-recupera-lideranca/>

Toyota recupera o posto de maior montadora. Acedido a 15 de Janeiro de 2013, em:
<http://economia.terra.com.br/carros-motos/toyota-recupera-o-posto-de-maior-montadora-diz-consultoria,3b01d0541c8fc310VgnVCM20000099cceb0aRCRD.html>

USAF Meeting With MIT To Develop 'Lean' Acquisition Process. IHS Global Spec. Acedido a 21 de Janeiro 2013, em:
<http://beta.globalspec.com/reference/21223/121073/USAF-Meeting-With-MIT-To-Develop-Lean-Acquisition-Process> (acedido a 21 de Janeiro 2013)

ANEXOS

Anexo A – Situação operacional da frota Epsilon (em 31/12/12)

MANUTENÇÃO EPSILON

SITUAÇÃO DIÁRIA DA FROTA EPSILON EM:

31-DEZ-2012

Nº DE CAUDA	SIT.	HORAS TOTAIS			A T E R	PROX. INSP.				HORAS	OBSERVAÇÕES	DATA DA SIT.	PREVISÃO	PENDENTES
		CELULA	MOTOR	HELICE		DISPONI.	CÉLULA	DISPONI.	MOTOR	VO. DIA 27-Dec				
	PC					22:45	P2	24:25	VII-250	0:30				
	PC					33:20	PI1-50	33:20	VII-150					
	PC					29:35	PI1-150	29:35	VII-50	0:25				
	PC					14:05	P1	16:25	VII-250	0:25				
	ME					-0	IRAN	0:00	0:00		IRAN - REP. ESTRUTURAL	19-Jul-12	31-Mar-13	
	PC					49:15	PI1-300	49:35	VII-350	0:25				
	PC					10:10	PI2-200	10:10	VI2-300	0:25				
	PC					44:20	PI2-100	44:20	VI2-200	0:25				
	MF					-2	IRAN	0:00	0:00		IRAN - PINTURA	21-Oct-10	28-Feb-13	
	IB					-1	IRAN	0:00	0:00		INIBIDO	3-Dec-12		
	MP					-1	PI1-400	-1	VII-350		INSP. PI1+ VI1	20-Dec-12		
	ME					-6	IRAN	0:00	0:00		IRAN - REP. ESTRUTURAL	30-Mar-12	30-Dec-12	
	FP					-0	IRAN	0:00	VI2-100		IRAN - MONTAGEM 18 FALTAS	5-Jul-12	31-Mar-13	
	PC					36:55	P1	21:10	VCM	0:25	ANILHAS ALTERNADOR	14-Dec-12		
	ED					-5	IRAN	0:00	0:00			21-Nov-12		
	IB					0:00	IRAN	0:00	VII-150		INIBIDO	21-Nov-12		

Anexo B – Resumo inspecções (período pré-lean)

	Pi1 + Vi1		Av.		Pi1 + Vi2		Av.		Pi1 + VCM		Av.		Pi2 + Vi1		Av.		Pi2 + Vi2		Av.		Pi2 + VCM		Av.		P1 + Vi1		Av.		P1 + Vi2		Av.		P1 + VCM		Av.		P2 + Vi1		Av.		P2 + Vi2		Av.		P2 + VCM		Av.			
Aeronave	(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)		(dias)		(Nº)							
A			8 2						4 3				7 6				11 5				13 15				26 17																									
B	4	6	4	2	10	5	4		6				15	9											20	22																								
C			5	2	10	3	5	2	12	1			10	3																																				
E	4	4							7	3															13	5			24	9																				
	4	1							8	2																			18	7																				
	3	1							6	7																																								
F													14	4																																				
G	10	7											11	2															21	7																				
I													10	8															20	14																				
J			7				5	2			7	3	10	6																																				
			4	4			8	2																																										
L	19	3					7	1	3	2			11	4															15	7																				
	4	1							5	5																																								
	6	2																																																
N													26																																					
O	5								4		7	4	12	3																																				
	10	4																																																
P	3	2			12 8		5	8	6	4					15	26									12	9																								
	5														14	8									12	9																								
Q	4	4							6	3	10	6	8	5											21	4																								
	5	3							8	4																																								
R	3	3	5	1			5	2	6	1	10	6			13	6																																		
	3	9																																																

Anexo C – Resumo inspecções (período pós-lean)

	Pi1 + Vi1	Av.	Pi1 + Vi2	Av.	Pi1 + VCM	Av.	Pi2 + Vi1	Av.	Pi2 + Vi2	Av.	Pi2 + VCM	Av.
Aeronave	(dias)	(N.º)	(dias)	(N.º)	(dias)	(N.º)	(dias)	(N.º)	(dias)	(N.º)	(dias)	(N.º)
A	5 9 5	6 8	6 9		9 23		4 4		4 6 8	3 10		
B	5 3	9 2			6 15	8 6	7 6 5	2 3 2	4 6	2 5		
C	5 7 4	4 2 1	3 6	3 2			8 5	11 6	8	3	7 11	11 14
D	4 4	3							4 4	4 4		
F	11 5	2 5	7 2						5 5	1 3		
G	9 4 5	8 2 8	4 3		6 9		4 6	3 3	5 11 6	2 7		
I	5 3 7	12 5	5		10 7		4 5	2 6	6 3	1 3		
L					3 7		5 3					
N	5 6 3								10 4 6			
O			6 8	2 2			8 5					
Q	6 4	3	3 5 12	2 5 9			4 5 5 4	4	5	4	8 2	
R			9 7	3 4			7 6	2 8				
S	3 4	4	7 2				11 5		4			

Anexo D – Resumo obras fechadas

Manutenção Resumo de Obras Fechadas

Período de 2013-02-20 a 2013-03-14

Frota	Nº. de Cauda	Obra	CTM	CUT	Anomalia	Data Abertura	Data Fecho	Sector Obra
	G							
			B	23ZDB	ARRANQUE IRREGULAR DO MOTOR (SUBIDA EXCESSIVA DO F/F: RPM'S COM GRANDES OSCILAÇÕES ERRATICOS)	2013-03-13	2013-03-14	MT3
			B	23ZDB	INSTALAR BLOCO DE INJEÇÃO DE COMBUSTIVEL	2013-03-14	2013-03-14	MT3
			Q	11000	EFFECTUAR INSP. ANTES DE VOO EXPERIENCIA	2013-03-14	2013-03-14	MT3
			Q	11000	EFFECTUAR INSP. ANTES DE VOO EXPERIENCIA	2013-03-14	2013-03-14	MT4
			A	03200	INSP. ENTRE VOO	2013-03-14	2013-03-14	MTW
			B	14131	COMPENSADOR DE PRANCHAMENTO FORA DOS LIMITES (0.6 ESQ°)	2013-03-13	2013-03-13	MT3
			Q	11000	EFFECTUAR INSP. ANTES DE VOO DE EXPERIENCIA	2013-03-13	2013-03-13	MT3
			Q	11000	EFFECTUAR INSP. ANTES DE VOO DE EXPERIENCIA	2013-03-13	2013-03-13	MT4
			Q	11000	EFFECTUAR INSP ANTES DE VOO EXP MT3	2013-03-06	2013-03-12	MT3
			Q	11000	EFFECTUAR INSP ANTES DE VOO EXP MT4	2013-03-06	2013-03-11	MT4
			P	03411	INSPECÇÃO P1 (CELULA) PERIODICIDADE: 250H	2013-02-20	2013-03-06	APC
			P	71000	16/250H - AVIAO	2013-02-20	2013-03-06	MT4
			C	23001	CONTROLO VIBRATORIO AO MOTOR	2013-02-20	2013-03-06	MT3
			C	32001	EQUILIBRAGEM DINAMICA DO HELICE	2013-02-20	2013-03-06	MT3
			P	11000	FINALIZAÇÃO DA INSPECÇÃO. REMOVER SEGURANÇAS E EFFECTUAR TESTES.	2013-02-20	2013-03-06	MT3
			Q	32113	INSTALAR CONE	2013-02-20	2013-03-06	MT3
			Q	42117	REMOVER BATERIA PRINCIPAL. P° INSP	2013-02-20	2013-03-06	MT4
			Q	42117	INSTALAR BATERIA PRINCIPAL	2013-02-20	2013-03-06	MT4
			P	71000	5/250H - AVIAO	2013-02-20	2013-03-06	MT4
			P	03712	INSPECÇÃO VII (MOTOR) PERIODICIDADE: 50H	2013-02-20	2013-03-06	APC
			P	23001	FINALIZAÇÃO DA INSPECÇÃO. REMOVER SEGURANÇAS E EFFECTUAR TESTES.	2013-02-20	2013-03-06	MT3
			P	13000	8/250H - TREM	2013-02-20	2013-03-05	MT3
			P	11000	1/250H - AVIAO	2013-02-20	2013-03-04	MT3
			P	12000	10/250H - HABITACULO	2013-02-20	2013-03-04	MT3

Anexo E – Situação operacional

Situação Operacional de Aeronaves com Histórico desde 2013-01-23 13:05:05

AERONAVE	ESQ.	FROTA	N.º CAUDA	SIT.	DATA DE SITUAÇÃO	DESCRIÇÃO	DATA PREV. APRONTAMENTO	DESCRIÇÃO DMSA	DATA PREV. DMSA
EPSILON TB30	101								
				A	PC	2013-03-13 15:09		*	2013-01-31
					MI	2013-03-12 22:37	TRANSPONDER INOP		
					PC	2013-03-05 9:32			
					MI	2013-03-04 10:39	TRANSPONDER		
					PC	2013-02-25 16:04			
					MI	2013-02-25 13:27	Indicação combustível		
					PC	2013-02-20 15:50			
					ES	2013-02-20 11:21	VOO EXP		
					MI	2013-02-19 13:30	MANETE DE MISTURA, COMPENSADORES		
					ES	2013-02-18 10:11	VOO EXP		
					MP	2013-01-23 13:27	INSP P2+VII		
					PC	2012-12-13 12:10			

Anexo F – Constituição e custo do *kit* de material (inspecção P1)



Kit Insp./Overhaul TB-30 Epsilon

Inspeções Célula					Custo do Material				
MATERIAL	NNA	P/N	QTD.	SUBSTITUTO	PREÇO MIN. (I)	PREÇO MÁX. (I)	PREÇO MÉDIO (I)	PREÇO TOTAL / ARTIGO (I)	CUSTO KIT INSP.
P1 - 250H									
ANILHA DE FREIO DO REGULADOR	?	?	8	?	0,06	2,3	1,18	9,44	589,37 I
RING DA VALVULA DE ESFERAS	?	?	2	?	-	1,9	1,90	3,80	
BRAÇADEIRAS PLÁSTICAS	?	?	15	?	0,03	2,7	1,37	20,48	
JUNTA DO REGULADOR DO HÉLICE	?	?	1	?	-	12,12	12,12	12,12	
Disco de freio	?	?	1	?	-	140,5	140,50	140,50	
PASTILHAS PARA OS TRAVÕES	?	?	4	?	10,84	11,58	11,21	44,84	
PASTILHAS PARA OS TRAVÕES	?	?	4	?	10,95	12,09	11,52	46,08	
PORCAS PORTAS DO TREM	?	?	2	?	-	1,02	1,02	2,04	
PORCAS	?	?	14	?	0,36	2,17	1,27	17,71	
RING CANHÃO DO BLOCO TRAVÕES	?	?	2	?	0,08	0,7	0,39	0,78	
RING DO BLOCO DE TRAVÕES (Interiores)	?	?	4	?	0,21	3,37	1,79	7,16	
PNEU TREM PRINCIPAL (SÓ SE NECESSAR)	?	?	2	?	60,15	91,65	75,90	151,80	
PNEU TREM DE NARIZ (SÓ SE NECESSAR)	?	?	1	?	52,52	206,25	129,39	129,39	
TROÇOS DO "T" DE REBOQUE	?	?	1	?	-	0,82	0,82	0,82	
TROÇOS DOS COMPENSADORES DE PNEU	?	?	2	?	-	0,01	0,01	0,02	
TROÇOS PARA O "T" DE REBOQUE	?	?	2	?	-	0,82	0,82	1,64	
RING DO TAMPÃO DE COMBUSTÍVEL	?	?	2	?	-	0,01	0,01	0,02	
TROÇOS DOS TIRANTES DOS FLAPS	?	?	4	?	0,12	0,25	0,19	0,74	

Anexo G – A3-PDCA

Anexo H – Elementos de gestão visual (waterfall)

DATA INICIAL:		Inspeção P2 + VCM AERONAVE (?)	TAREFA EXECUTADA E VERIFICADA	OF.MANUTENÇÃO:											CERTIFICADOR:		
DIA	CARTAS DE TRABALHO			APC:											Inspector EA:	Inspector EM:	
		STEP		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Horas Totais Célula:	Horas Totais Motor:	Nº Motor:
1		Tirar Capots															
		Rolagem Aeronave para Placa de Run-Up															
		Run-Up															
		Rolagem Aeronave para Hangar															
		Retirar Velas Sup. + Desligar Bateria + Baixar Flaps															
		Medir Compressão Cilindros															
2		Recolha de Óleo para Análise															
		Remover Velas Inf.															
		Colocar Aeronave em Macacos															
		Teste trem + Flaps															
		Verificação Folgas Trem															
		EM - Coordenar com EA															
		Rem. Blindagens + Janelas Insp. + Pontas Asas + Flaps															
		Esvaziar Óleo Motor															
		Desligar Antenas + Metalizações															
		Desligar Magneto															
		Desmontar Rede de Ignição para Criar Acessos															
		Retirar Aeronave de Macacos															
3 + 4		Rolagem Aeronave para Placa Lavagem															
		Esvaziar Óleo Motor															
		Remover Filtro Cartucho															
		Insp. Injectores + Tubagem Combustível															
		Remover Prato do Filtro															
		Insp. Bloco Injeção + Filtro Ar															
		Elaborar Cartas SIAGFA p/ Óleo + Filtro Cartucho															
		Entregar Óleo + Filtro no APC															
		Insp. Válvula By-Pass															
		Rem. / Insp. / Instalar Bomba Mecânica Combustível															
		Inst. Prato do Filtro + Válv. By-Pass															
		Rem. / Lavar / Insp. / Instalar Válv. Esferas															
5		Rem. / Insp. / Instalar Filtro Aspiração															
		Rem. / Insp. / Instalar Tubos Dreno de Óleo															
		Rem. / Insp. Cone do Hélice															
		Rem. / Lavar / Insp. Separador Ar-Óleo															
		Verif. / Limpar Tubagem Ligação Separador Ar-Óleo -> Carter															
		Rem. Deflectoras Motor + Tampas Colaças															
		Insp. Válvulas e Balanços															
		Inst. Tampas Colaças + Deflectoras															
		Remover Regulador Hélice															
6		Rem. / Insp. / Inst. Sonda EGT + Temp. Cilindros															
		Rem. / Insp. / Inst. Colectores + Silenc. Escape e Admissão															
		Rolagem Aeronave para Hangar															
7+8		Rolagem Aeronave para Placa Lavagem															
		Lavagem Aeronave															
		Rolagem Aeronave para Hangar															
		Colocar Aeronave em Macacos															
9		Rem. / Insp. Cone do Hélice															
		Pleno de Óleo															
		Remover Bateria															
		Rem. Suporte Captor Magnético															
		Rem. Viseira Traseira + Criar Acessos p/ NDI's															
		Remover Cadeiras															
		Insp. Boroscópica Parafuso do Eixo															
		Remover Consolas Manetes															
10		Insp. Boroscópica Cilindros															
		Inst. Regulador Hélice															
		Remover Canopy															
		Remover Apoios Cadeiras p/ NDI's															
		Remover Bloco Travões															

PROXIMA INSPECÇÃO: P1+V1

DATA INICIAL:		Inspeção P2 + VCM AERONAVE (?)	DATA FINAL:	OF.MANUTENÇÃO:																			CERTIFICADOR:																		
DIA	CARTAS DE TRABALHO			STEP	TAREFA EXECUTADA E VERIFICADA	APC:																			INSPECTOR EA: INSPECTOR EM:																
		11	12			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40								
11		Rem. Punho Manche + Fole																																							
		Rem. Rodas Trem																																							
		Desligar Fichas PTT																																							
		Desmontar Suporte Relés dos Flaps																																							
		Rem. Amortecedor																																							
		Rem. Macaco de Mola																																							
		Desligar Cablagens Berço Motor																																							
		Rem. Barra Articulada p/ NDIs																																							
		Rem. Forquilha Trem Nariz																																							
		Desmontar Fichas Trem																																							
		Rem. Macacos Actuadores																																							
		Desligar Tirantes Barriga Avião																																							
		Remover Leme Direcção (Ferragem NDI)																																							
		Rem. Anti-Shimming																																							
		Etiquetar Material + Cartas SIAGFA																																							
		EM - Coordenar com NDI + MARME																																							
12		EA - Manutenção Bateria																																							
		EA - Calibrar Magneto																																							
12		MARME - Rem. Blindagens Canopy																																							
12		MARME - Insp. Visual Cordões + Percutores																																							
12		MARME - Insp. Cinto Cadeira + Bobine Inércia + Bloq. Cintos																																							
12		MARME - Inst. Blindagens Canopy																																							
12		MARME - Coordenar com EM																																							
12		EM - Insp. Roletes Canopy																																							
		EM - Insp. Rodas																																							
		EM - Insp. Blocos Travão																																							
12		NDI - Berço Motor																																							
12		NDI - Apoios Trem Prin. Esq. / Dir.																																							
12		NDI - Pernas Trem Prin. Esp. / Dir.																																							
13		EM - Insp. Amortecedores																																							
13		NDI - Anteparos Fuselagem entre Quadro Nº 4 - 5 (Esq. / Dir.)																																							
13		NDI - Travessa Sup. Quadro Nº 3																																							
13 - 14		NDI - Apoios Cadeiras																																							
14		EM - Insp. Macacos Actuadores																																							
		EM - Insp. Macaco de Mola																																							
		EM - Insp. Anti-Shimming																																							
14		NDI - Suportes Cremalheira L/F + L/T																																							
		NDI - Ferragem Sup. Leme Direcção																																							
		NDI - Reforço Inf. Suporte Comandos Direcção																																							
15		EM - Remover Braços Cadeiras																																							
		EM - Insp. Braços Cadeiras																																							
		EM - Inst. Braços Cadeiras																																							
		EM - Desmontar Barra Articulada																																							
		EM - Montar Barra Articulada (em Bancada - depois de NDI)																																							
		EM - Rem. Ferragem Leme Direcção (depois de NDI)																																							
		EM - Inst. Ferragem Leme Direcção (depois de NDI)																																							
15		NDI - Forquilha Trem Nariz																																							
		NDI - Cartas Adicionais Inspeção																																							
		NDI - Barra Articulada Esq. / Dir. (Bancada)																																							
		NDI - Ferragem Basculador Perna Trem Esq. / Dir. (Bancada)																																							
		EM - Coordenar com EA																																							
16-18		Teste Anemométrico																																							
19		Verif. / Limpar Fichas Raiz Asas																																							
		Verif. Folgas Sup. Voo																																							
		Teste Tensão Cabos Compensadores																																							
		Desmontar Selector Magnetos																																							

[illegible]

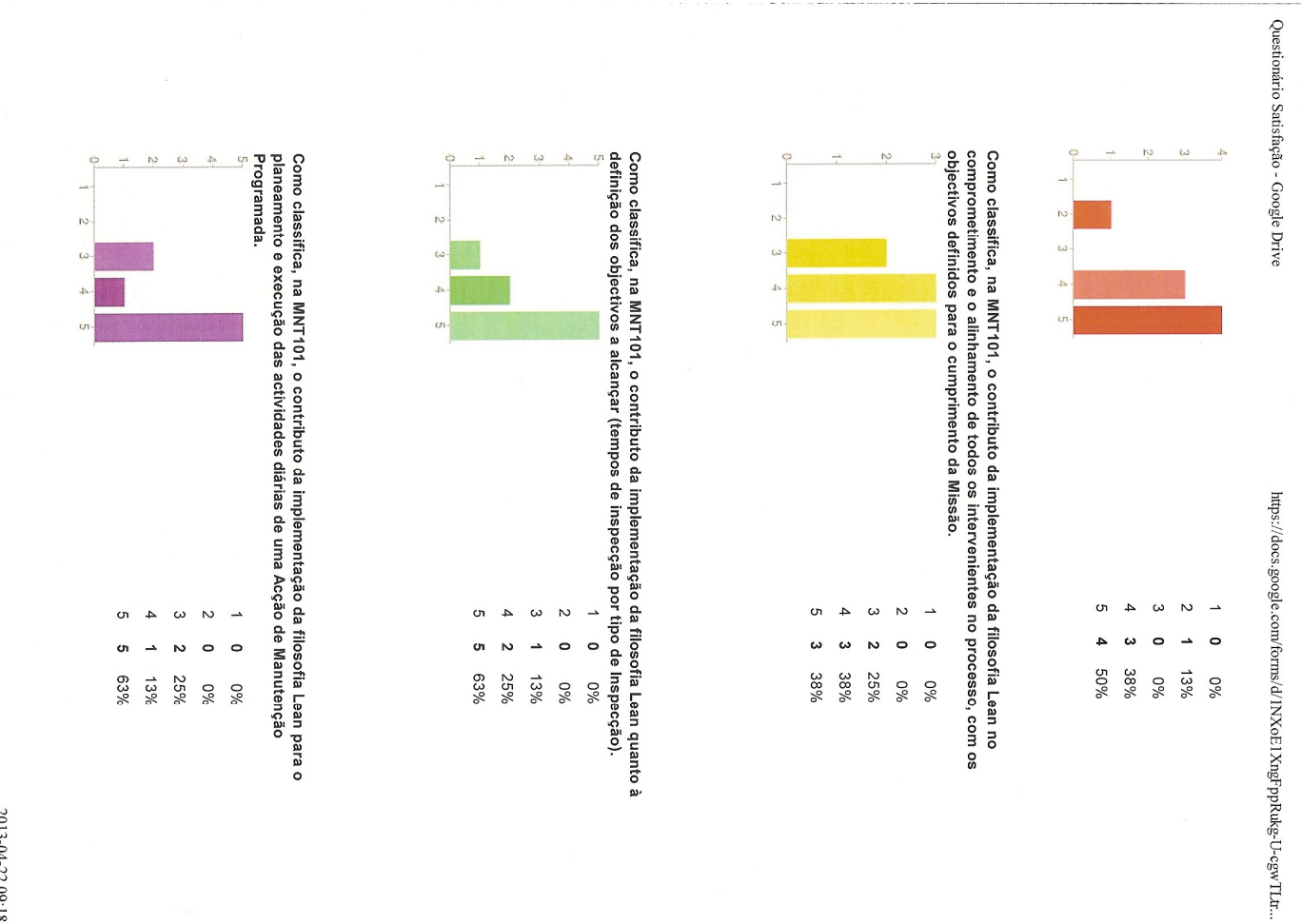
Anexo I – Formulário Auditoria 6S

# de "SIMS":	/25 =	%
6-S Lista de Controlo - Loc:		
de Trabalho		
Separar (Seleccionar - colocar de lado o que não é preciso)		
- equipamento desnecessário foi removido da área de trabalho	S	N
- material em excesso, obsoleto ou defeituoso foi removido e dado destino final	S	N
- área de etiqueta vermelha é usada para material que requer decisão (não mais de 7 dias)	S	N
- superfícies de trabalho e áreas de armazenamento não tem itens que não lhe pertencem	S	N
Simplificar (Organizar)		
- todos os equipamentos e ferramentas estão bem identificados e bem organizados	S	N
- locais e armazéns para itens e peças estão devidamente identificados	S	N
- itens com defeito ou sucata estão devidamente identificados e isolados	S	N
- pcds (quadros d' controle d' processos) foram elaborados e colocados (para medição e gestão de inform	S	N
Limpar		
- chão, superfícies de trabalho, equipamentos e áreas de armazém estão limpas.	S	N
- lixo e material reciclável está recolhido e colocado corretamente.	S	N
- o ambiente de trabalho é bom (qualidade do ar, temperatura, humidade, luminosidade, poeiras e fumo...	S	N
- qdo a actividade de limpeza coloca 1 problema este é prontamente resolvido e tomada uma acção con	S	N
Sustentar (Manter)		
- trabalho padrão fixado está a ser seguido	S	N
- padrões de limpeza, instalação física, procedimentos de manutenção preventiva estão a ser seguidos	S	N
- documentos e qualidade do equipamento estão de acordo com o procedimento de controlo	S	N
- os pcds (quadros de controlo de processos) estão a ser usados e têm informação relevante	S	N
- área de trabalho está limpa, arrumada e em ordem sem problemas sérios de segurança	S	N
Standardizar (Padronizar)		
- regras estão identificadas para manter a área limpa e ordenada.	S	N
- tarefas standard relacionadas com a limpeza e a organização estão definidas	S	N
- através de ferramentas de informação visual é óbvio que as tarefas foram feitas	S	N
- toda a padronização é executada sem recorrer a "papelada".	S	N
Segurança		
- informação de segurança requerida está colocada (informação segurança, material, saídas de emerg	S	N
- extintores de incêndio e equipamento de emergência estão devidamente identificado e funcional	S	N
- formação básica foi ministrada (informações de segurança estão colocadas e são compreensíveis).	S	N
- condições de insegurança são resolvidas prontamente (incluindo deslocções perigosas, alarmes...)	S	N
TOTAL de "S"		
"N"		

Anexo J– Dados da amostra Grandes Inspeções (2012)

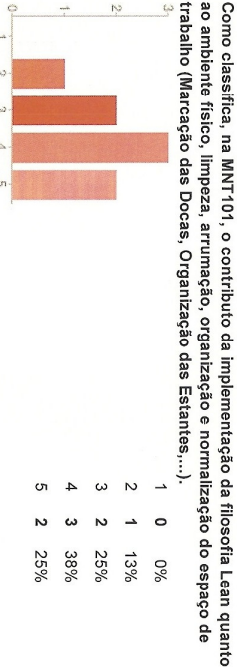
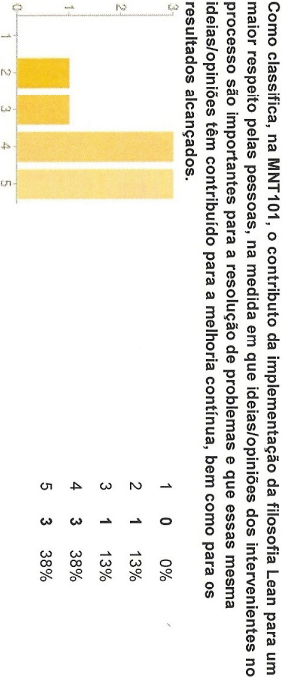
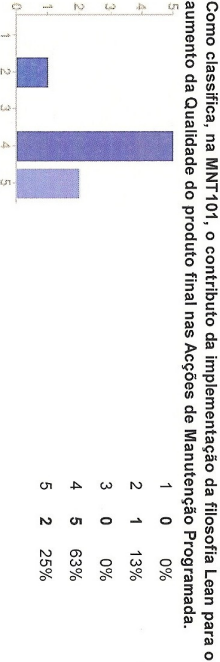
				MT3	MT4	MLO	MT8	MTT	QMA	Total	Total Insp.	Total Dias
A	P1 + Vi2 (Trocou Motor)	Célula Motor	Básica	68:35:00 35:15:00	27:30:00 20:30:00	7:30:00	1:00:00		1:00:00 1:40:00	105:35:00 57:25:00	163:00:00	13
			Oriundas	190:15:00 18	27:45:00 9					218:00:00 27	381:00:00	
			Oriunda Após PC	20:40:00 9	21:30:00 6				✓	42:10:00 15		4
B	P1 + Vi1	Célula Motor	Básica	62:05:00 34:50:00	27:30:00 21:30:00	11:15:00	0:50:00		0:40:00 1:00:00	102:20:00 57:20:00	159:40:00	15
			Oriundas	18:00:00 8	22:30:00 7				✓	40:30:00 15	200:10:00	
			Oriunda Após PC		6:00:00 2				✓	6:00:00 2		1
B	P2 + Vi2	Célula Motor	Básica	99:25:00 38:50:00	81:30:00 24:00:00	14:30:00	6:20:00		0:40:00 1:00:00	202:25:00 63:50:00	266:15:00	19
			Oriundas	29:10:00 18	2:45:00 3				✓	31:55:00 21	298:10:00	
			Oriunda Após PC	17:40:00 6	34:00:00 5				✓	51:40:00 11		7
C	P2 + Vi2	Célula Motor	Básica	96:20:00 66:15:00	76:10:00 28:30:00	18:00:00	3:50:00		2:00:00 2:20:00	196:20:00 97:05:00	293:25:00	18
			Oriundas		0:20:00 1					0:20:00 1	293:45:00	
			Oriunda Após PC									0
F	P1 + Vi1	Célula Motor	Básica	62:00:00 34:30:00	27:15:00 27:55:00	3:30:00	0:40:00		0:40:00 1:00:00	94:05:00 63:25:00	157:30:00	14
			Oriundas	16:00:00 13					✓	16:00:00 13	173:30:00	
			Oriunda Após PC	5:30:00 2	8:30:00 3				✓	14:00:00 5		1
G	P2 + Vi2	Célula Motor	Básica	127:45:00 32:20:00	142:30:00 5:45:00	26:00:00	1:50:00		5:00:00 9:30:00	303:05:00 47:35:00	350:40:00	21
			Oriundas	16:25:00 6	17:00:00 4			3:00:00 1	✓	36:25:00 11	387:05:00	
			Oriunda Após PC	17:30:00 6					✓	17:30:00 6		2,5
I	P2 + Vi2	Célula Motor	Básica	109:35:00 69:35:00	104:30:00 38:30:00	12:30:00	3:10:00		1:00:00 0:20:00	230:45:00 108:25:00	339:10:00	20
			Oriundas	14:50:00 9	10:00:00 5				✓	24:50:00 14	364:00:00	
			Oriunda Após PC	7:20:00 4	1:30:00 2				✓	8:50:00 6		1
N	P1 + Vi2	Célula Motor	Básica	126:30:00 43:25:00	35:30:00 44:00:00	3:30:00	1:10:00		1:00:00 4:50:00	167:40:00 92:15:00	259:55:00	26
			Oriundas	1:40:00 1	1:00:00 1					2:40:00 2	262:35:00	
			Oriunda Após PC									
Q	P2 + Vi1	Célula Motor	Básica	102:00:00 38:25:00	136:00:00 25:30:00	39:30:00	2:20:00		5:00:00 4:20:00	284:50:00 68:15:00	353:05:00	12
			Oriundas	14:20:00 9	6:30:00 1					20:50:00 10	373:55:00	
			Oriunda Após PC									

Anexo K – Resultado do inquérito de motivação/satisfação lean



Questionário Satisfação - Google Drive

<https://docs.google.com/forms/d/1NXoE1XngFPpRkkg-U-cgwTlfr...>



2013-04-22 09:18

